

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:

Hiroki OOI, et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: February 20, 2004

Examiner:

For: WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING OPTICAL REPEATING TRANSMISSION  
METHOD AND REPEATING APPARATUS

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s)  
herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-055353

Filed: March 3, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing  
date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the  
requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: February 20, 2004

By: 

Paul I. Kravetz  
Registration No. 35,230

1201 New York Ave, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20005  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月 3日  
Date of Application:

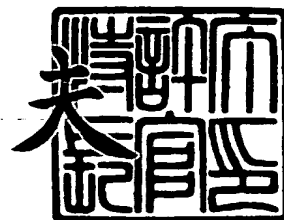
出願番号 特願2003-055353  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2003-055353]

出願人 富士通株式会社  
Applicant(s):

2003年12月16日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3104504



【書類名】 特許願

【整理番号】 0251880

【提出日】 平成15年 3月 3日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04J 14/02

【発明の名称】 波長多重光中継伝送方法および中継装置

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 大井 寛己

【発明者】

【住所又は居所】 北海道札幌市北区北七条西四丁目 3 番地 1 富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内

【氏名】 岩淵 隆志

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 寺原 隆文

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 石川 丈二

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

**【代理人】****【識別番号】** 100092978**【弁理士】****【氏名又は名称】** 真田 有**【電話番号】** 0422-21-4222**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 007696**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9704824**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長多重光中継伝送方法および中継装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信用の端局装置と受信用の端局装置とを、複数の中継装置で中継区間が区切られた光伝送路で接続して、波長多重光信号の中継伝送を行なう波長多重光中継伝送方法であって、

各中継区間の端点に配置された中継装置においては、

該送信用の端局装置側の中継区間を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に補償する第 1 分散補償ステップと、

該第 1 分散補償ステップにて分散補償された波長多重光信号について、波長成分ごとに光分岐挿入処理を施す光分岐挿入ステップと、

該光分岐挿入ステップにて光分岐挿入処理が施された波長多重光信号について、該送信用の端局装置側の中継区間で生じた分散に対して、該第 1 分散補償ステップでの補償量との和が所定割合になるよう過補償量で分散補償を行なって、該受信用の端局装置側の中継区間へ送出する第 2 分散補償ステップとをそなえて、前記中継伝送を行なう一方、

前記の第 1 分散補償ステップおよび第 2 分散補償ステップにおける分散補償量の和に対する、該第 2 分散補償ステップにおける前記過補償量の比を、当該中継装置の前記の光伝送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次変化する設定とすることを特徴とする、波長多重光中継伝送方法。

【請求項 2】 該第 2 分散補償ステップにおける前記の過補償量の分散補償を行なうための所定割合を、当該中継装置の前記の光伝送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次増加する設定とすることを特徴とする、請求項 1 記載の波長多重光中継伝送方法。

【請求項 3】 該第 2 分散補償ステップにおける前記の過補償量の分散補償を行なうための所定割合を、当該中継装置の前記の光伝送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次減少する設定とすることを特徴とする、請求項 1 記載の波長多重光中継伝送方法。

【請求項 4】 該光分岐挿入ステップにおける光分岐挿入前後の各波長の光

信号に残留分散が生じている場合に、前記残留分散を補償する残留分散補償ステップをそなえて構成されたことを特徴とする、請求項 1～3 のいずれか 1 項記載の波長多重光中継伝送方法。

【請求項 5】 送信用の端局装置と受信用の端局装置とを、複数の中継装置で中継区間が区切られた光伝送路で接続して、波長多重光信号の中継伝送を行なう波長多重光中継伝送システムにおける中継装置であって、

該送信用の端局装置側の中継区間を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に補償する第 1 分散補償部と、

該第 1 分散補償部にて分散補償された波長多重光信号について波長成分ごとに光分岐挿入処理を施す光分岐挿入部と、

該光分岐挿入ステップにて光分岐挿入処理が施された波長多重光信号について、該送信用の端局装置側の中継区間で生じた分散に対して、該第 1 分散補償部での補償量との和が所定割合になるよう過補償量で分散補償を行なう第 2 分散補償部とをそなえて構成されたことを特徴とする、中継装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信システムにおいて用いて好適の、波長多重光中継伝送方法および中継装置に関するものである。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

近年の急激な通信ネットワーク利用の増加により、さらなるネットワーク大容量化の要求が高まっている。光通信システムにおいても、このようなネットワーク大容量化の要求に応えるべく、現状のシステムよりも更に大容量化・高速化・長距離化が進むことが期待されている。

#### 【0003】

現在は、1 チャンネル当たり伝送速度  $10 \text{ Gbit/s}$ （ギガビット／秒）をベースとした波長多重（Wavelength Division Multiplexing: WDM）光伝送システムの実用化が開始されているが、今後、更なる大容量化への要求と、周波数利

用効率およびコストの点とから 1 チャネルあたり 40 Gbit/s 以上の超高速伝送システムが求められている。

#### 【0004】

特に近年では、光ネットワークシステムの多機能化が求められており、point-to-point の伝送のみならず、光分岐挿入機能 (Optical Add/Drop Multiplexing: OADM) や光クロスコネクタ (Optical cross-connect: OXC) といった、光信号の経路を自由に切り替える機能が必要となってきた。

ところで、光ファイバの屈折率は波長により異なるため、同一ファイバでも光の伝搬時間 (速度) が異なってくることを波長分散というが、この超高速伝送システムにおいては、上述のごとき大容量化とともにネットワークシステムの多機能化に対応して、伝送路の分散を最適に補償して、波形劣化を最適かつ高精度に補償する必要がある。

#### 【0005】

なお、本願発明に関連する技術として、以下の文献に開示された技術がある。

#### 【0006】

##### 【特許文献 1】

特開 2000-68931 号公報

##### 【特許文献 2】

米国特許 6229935 号明細書

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述の超高速伝送システムとして求められている伝送速度 40 Gbit/s 以上の光伝送システムにおいては、波長分散トレランスが非常に小さく、例えば 40 Gbit/s の NRZ (Non Return to Zero) 方式で波長多重光信号を伝送する場合には、波長分散トレランスは、10 Gbit/s システムの 1/16 の約 70 ps/nm (ピコ秒/ナノメートル) 以下である。

#### 【0008】

これに対し、伝送路ファイバの波長分散に関しては、伝送路長の違い、伝送路ファイバおよび分散補償ファイバ (Dispersion Compensating Fiber: DCF)

の波長分散係数および分散スロープ係数の製造ばらつき、ファイバ零分散波長の温度変化といった変動要因がある。超高速波長多重伝送システムで長距離伝送を実現するためには、上記分散変動を吸収しつつ、光伝送路上の挿入分岐箇所において高精度な分散補償を行ないながら、受信側端局装置の受信波形の劣化を抑制できるようにすることが重要な課題となる。

#### 【0 0 0 9】

本発明はこのような課題に鑑み創案されたもので、光伝送路上の挿入分岐箇所において高精度な分散補償を行ないながら、受信側端局装置の受信波形の劣化を抑制できるようにした、波長多重光中継伝送方法および中継装置を提供することを目的とする。

#### 【0 0 1 0】

##### 【課題を解決するための手段】

このため、本発明の波長多重光中継伝送方法は、送信用の端局装置と受信用の端局装置とを、複数の中継装置で中継区間が区切られた光伝送路で接続して、波長多重光信号の中継伝送を行なう波長多重光中継伝送方法であって、各中継区間の端点に配置された中継装置においては、該送信用の端局装置側の中継区間を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に補償する第1分散補償ステップと、該第1分散補償ステップにて分散補償された波長多重光信号について、波長成分ごとに光分岐挿入処理を施す光分岐挿入ステップと、該光分岐挿入ステップにて光分岐挿入処理が施された波長多重光信号について、該送信用の端局装置側の中継区間で生じた分散に対して、該第1分散補償ステップでの補償量との和が所定割合になるよう過補償量で分散補償を行なって、該受信用の端局装置側の中継区間へ送出する第2分散補償ステップとをそなえて、前記中継伝送を行なう一方、前記の第1分散補償ステップおよび第2分散補償ステップにおける分散補償量の和に対する、該第2分散補償ステップにおける前記過補償量の比を、当該中継装置の前記の光伝送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次変化する設定とすることを特徴としている（請求項1）。

#### 【0 0 1 1】



この場合において、好ましくは、第2分散補償ステップにおける前記の過補償量の分散補償を行なうための所定割合を、当該中継装置の前記の光伝送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次増加する設定としたり（請求項2）、漸次減少する設定としたりすることができる（請求項3）。

さらに、該光分岐挿入ステップにおける光分岐挿入前後の各波長の光信号に残留分散が生じている場合に、前記残留分散を補償する残留分散補償ステップをそなえて構成することとしてもよい（請求項4）。

#### 【0012】

また、本発明の中継装置は、送信用の端局装置と受信用の端局装置とを、複数の中継装置で中継区間が区切られた光伝送路で接続して、波長多重光信号の中継伝送を行なう波長多重光中継伝送システムにおける中継装置であって、該送信用の端局装置側の中継区間を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に補償する第1分散補償部と、該第1分散補償部にて分散補償された波長多重光信号について波長成分ごとに光分岐挿入処理を施す光分岐挿入部と、該光分岐挿入ステップにて光分岐挿入処理が施された波長多重光信号について、該送信用の端局装置側の中継区間で生じた分散に対して、該第1分散補償部での補償量との和が所定割合になるよう過補償量で分散補償を行なう第2分散補償部とをそなえて構成されたことを特徴としている（請求項5）。

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照することにより、本発明の実施の形態を説明する。

##### 〔A〕第1実施形態の説明

図1は本発明の第1実施形態における波長多重光中継伝送システム1Aを示すブロック図であり、この図1に示す波長多重光中継伝送システム1Aは、送信用端局装置10と受信用端局装置20とが光伝送路40を通じて接続されて、例えば1波当たり40Gbit/sの波長多重光信号の中継伝送を行なうものである。又、この光伝送路40は、 $(N-1)$ 個の中継装置30-1～30- $(N-1)$ によって、 $N$ 個の中継区間40-1～40- $N$ に区切られている。

#### 【0014】

また、波長多重光中継伝送システム 1 A は、上述の中継区間 40-1 ~ 40-N を伝送単位として、各波長成分の光信号の分岐挿入を行ないつつ、波長多重光信号を伝送することができるようになっている。

ここで、各中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) は、各中継区間 40-1 ~ 40-N の端点（送信側端点または受信側端点）に配置されたインライン中継器として、波長多重光信号の分岐挿入処理を行なう機能を有している。尚、各中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) は、後述する本願発明の特徴的な構成を有するものである。

#### 【0015】

また、各中継区間 40-1 は、光送信端局装置 10 と中継装置 30-1 との間の光ファイバ 41-1 で接続された区間であり、中継区間 40-2 ~ 40-(N-1) はそれぞれ、隣接する中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) 間相互の光ファイバ 41-2 で接続された区間であり、中継区間 40-N は、中継装置 30-(N-1) と光受信端局装置 20 との間の光ファイバ 41-N で接続された区間である。

#### 【0016】

ここで、送信用端局装置 10 は、複数種類の（この場合においては 44 個の）光送信部 11-1 ~ 11-44，合波器 12 及び増幅器 13 をそなえている。44 個の光送信部（Tx #1 ~ Tx #44）11-1 ~ 11-44 は、互いに異なる波長  $\lambda_1 \sim \lambda_{44}$  の光信号を出力するものである。換言すれば、44 個の信号光源 11-1 ~ 11-44 により、44 種類の波長が異なった光信号を出力することができるようになっている。

#### 【0017】

また、合波器 12 は、光送信部 11-1 ~ 11-44 からの、波長が異なった 44 種類の光信号を波長多重して出力するもので、増幅器 13 は、合波器 12 からの波長多重光信号を増幅して光伝送路 40 に送出するものである。尚、増幅器 13 には分散補償機能を設けることも可能であるが、第 1 実施形態においては、送信用端局装置 10 において分散補償を行なわないようにしている（補償量 DC T = 0）。

**【0018】**

さらに、各中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) は、図 2 に示すように、増幅器 31, 第 1 分散補償器 32, 光分波器 33, 光合波器 34, 第 2 分散補償器 35 および増幅器 36 をそなえて構成されている。尚、図 2 においては、各中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) の構成要素を、共通の符号 31 ~ 36 を用いて示している。又、各中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) に接続されるローカル局についても、共通の符号 51-1 ~ 51-n を用いて図示している。

**【0019】**

ここで、増幅器 31 は、送信用端局装置 10 側の中継区間（中継装置 30-1 の場合には中継区間 40-1）を通じて伝送されてきた波長多重光信号を増幅するものである。

また、第 1 分散補償器 32 は、例えば分散補償ファイバ (Dispersion Compensation Fiber) などで構成され、増幅器 31 からの波長多重光信号について最適に波長分散を補償するもので、例えば後述するような中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) に応じた補償量で分散補償を行なう分散補償ファイバ (DCF) により構成することができる。

**【0020】**

また、第 1 分散補償器 32 は、波長多重光信号を構成する中間波長帯（波長毎に配置された  $\lambda_1 \sim \lambda_{44}$  における  $\lambda_{22}$ ）の波長における分散を分散トレランス以下〔例えば 0（ゼロ）〕とする補償量 DCLa で分散補償を行なうものである。これにより、後述の光分波器 33 にて波長分離されて、ローカル局 50-1 ~ 50-n に出力される光信号は、分散量が最適に補償されており、波形劣化が補償されているのである。

**【0021】**

したがって、上述の第 1 分散補償器 32 は、送信用端局装置 10 側の中継区間の光伝送路で発生する分散を、予め設定されたトレランス以内に補償する第 1 分散補償部として機能する。

光分波器 33 は、第 1 分散補償器 32 で分散が補償された波長多重光信号を波長分離するもので、分離された波長成分に応じて光合波器 34 またはローカル局

50-1～50-nの受信部51Rに出力するようになっている。即ち、光分波器33で波長分離された光信号のうちで、各ローカル局50-1～50-n受信信号波長として割り当てられた光信号については、当該ローカル局50-1～50-nの受信機51Rに出力され（分岐処理）、それ以外の波長の光信号については、光合波器34に出力される。

#### 【0022】

光合波器34は、光分波器33からの光信号と、各ローカル局50-1～50-nの送信部51Tから出力された光信号（ローカル局50-1～50-nごとに波長が割り当てられた光信号）と、を波長多重して出力するものである（挿入処理）。従って、上述の光分波器33および光合波器34により、第1分散補償器32にて分散補償された波長多重光信号について波長成分毎に光分岐挿入処理を施す光分岐挿入部として機能する。

#### 【0023】

さらに、第2分散補償器35についても分散補償ファイバ（DCF）等により構成され、光合波器34から出力された光分岐挿入処理の施された波長多重光信号について、上述の送信用端局装置10側の中継区間40-1～40-（N-1）で生じた分散に対して、第1分散補償器32での補償量との和が所定割合になるよう過補償量DCLbで分散補償を行なうものであり、第2分散補償部として機能する。

#### 【0024】

また、増幅器36は、第2分散補償器35にて過補償分の分散補償が行なわれた波長多重光信号を増幅して、受信用端局装置20側の中継区間（中継装置30-1の場合には中継区間40-2）へ送出するものである。

これにより、例えば中継装置30-1においては、送信用端局装置10側の中継区間40-1からの波長多重光信号について、上述のごとき第1分散補償器32による第1分散補償処理、分波器33および合波器34による光分岐挿入挿入処理、ならびに第2分散補償器35による第2分散補償処理を行なって、後段の中継区間40-2に送出する。

#### 【0025】

また、中継装置 30-2 においても、中継区間 40-2 を通じて中継装置 30-1 から送出された波長多重光信号について、上述の中継装置 30-1 に準じた第 1 分散補償処理、光分岐挿入挿入処理および第 2 分散補償処理を施して、後段の中継区間 40-3 に送出する。

以降、中継装置 30-3 ~ 30-(N-1) においても、上述の中継装置 30-1 に準じた処理が行なわれて、後段の中継区間 40-4 ~ 40-N へ波長多重光信号を送出する。

#### 【0026】

ついで、各中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) の第 1 分散補償器 32 および第 2 分散補償器 35 での分散補償量  $DCLa$ ,  $DCLb$  について詳述する。尚、中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) では、中間波長  $\lambda_{22}$  での分散量を基準にして補償量を導出するようになっているが、他の波長帯  $\lambda_1 \sim \lambda_{21}$ ,  $\lambda_{23} \sim \lambda_{44}$  の光信号についても、中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) では、以下に示すように導出された補償量で、波長多重光信号の状態で一括した分散補償が行なわれる。又、分散スロープを加味した分散補償は、後述する受信用端局装置 20 において各波長の光信号個別で行なわれる。

#### 【0027】

まず、上述の中継装置 30-1 の第 1 分散補償器 32 における最適の分散補償量  $DCLa\#1$  は、中継区間 40-1 において中間波長  $\lambda_{22}$  の光信号に生じる分散量を  $D_1$  とすると、例えば式 [1a] のように示すことができ、これにより、中継装置 30-1 の第 1 分散補償器 32 では、中継区間 40-1 において中間波長  $\lambda_{22}$  の光信号に生じた波長分散をゼロとすることができる（図 3 の点  $C_1$  参照）。ここで、分散の補償量とは、波長多重光信号に生じている波長分散を減少させるための分散量であり、負の値を有している。

#### 【0028】

$$DCLa\#1 = -D_1 \quad \cdots [1a]$$

また、中継装置 30-1 の第 2 分散補償器 35 における過補償量  $DCLb\#1$  は、例えば式 [1b] に示すように、上述の中継区間 40-1 で中間波長  $\lambda_{22}$  に生じた分散量  $D_1$  に対する一定の割合  $\beta$  を乗算した値を負としたものとする

ができる (図 3 参照)。

【0029】

$$DCLb\#1 = -(\beta \times D_1) = -\beta D_1 \quad \dots [1b]$$

さらに、上述の中継装置 30-2 の第 1 分散補償器 32 における最適の分散補償量  $DCLa\#2$  は、中継区間 40-2 に起因して中間波長  $\lambda_{22}$  の光信号に生じる分散量を  $D_2$  とすると、例えば式 [2a] のように示すことができる。

すなわち、中継装置 30-1 から中継区間 40-2 に送出する時点での中間波長  $\lambda_{22}$  の光信号の分散量は式 [1b] に示す値であるので、これに分散量  $D_2$  を加算したものが、中継装置 30-2 の第 1 分散補償器 32 で補償すべき分散量である (図 3 参照)。尚、実際の補償量は分散量の値を負としたものである。

【0030】

$$DCLa\#2 = -(-\beta D_1 + D_2) = \beta D_1 - D_2 \quad \dots [2a]$$

また、中継装置 30-2 の第 2 分散補償器 35 における過補償量  $DCLb\#2$  は、例えば式 [2b] に示すように、上述の 2 つの中継区間 40-1, 40-2 で生じた分散量の総和  $D_1 + D_2$  に対する一定の割合  $\beta$  を乗算したものを負としたものとすることができる (図 3 参照)。

【0031】

$$DCLb\#2 = -\{\beta \times (D_1 + D_2)\} = -\beta (D_1 + D_2) \quad \dots [2b]$$

中継装置 30-3 ~ 30-(N-1) における第 1 分散補償器 32 および第 2 分散補償器 35 についても、上述の中継装置 30-1, 30-2 におけるものと同様に算出することができる。

式 [3a] は、中継装置 30-i [i; 2 ~ (N-1)] における第 1 分散補償器 32 において補償すべき最適の分散補償量  $DCLa\#i$  を示し、各中継装置 30-2 ~ 30-(N-1) における第 1 分散補償器 32 では、前段の中継区間 40-2 ~ 40-(N-1) において中間波長  $\lambda_{22}$  の光信号に生じた波長分散をゼロとすることができる (図 3 の点  $C_2 \sim C_{n-1}$  参照)。

【0032】

又、式 [3b] は、中継装置 30-i [i; 2 ~ (N-1)] における第 2 分散補償器 35 において補償すべき過補償量  $DCLb\#i$  を示す (図 3 参照)。即

ち、各中継区間  $40-1 \sim 40-(i-1)$  で生じた分散量の総和に対する一定の割合  $\beta$  を乗算したものを負としたものとすることができる (図 3 参照)。

【0033】

【数 1】

$$DCLa \# i = \beta \sum_{j=1}^{i-1} D_j - D_i \quad \dots [3a]$$

$$DCLb \# i = -\beta \sum_{j=1}^i D_j \quad \dots [3b]$$

【0034】

すなわち、中継区間  $40-(i-1)$  を通じて伝搬してきた波長多重光信号の中間波長  $\lambda_{22}$  に生じた分散  $D_i$  と、中継区間  $40-1 \sim 40-(i-1)$  での過補償量の累積値とを用いることにより、第 1 分散補償器 32 における最適分散補償量  $DCLa \# i$  を導出することができるのである。又、上記の式 [3b] から、送信用端局装置 10 からの伝送距離が増大するに従って、過補償量の大きさについては増大 (式 [3b] の値の絶対値が増大) するようになっている。

【0035】

また、上述の中継装置 30-1 における第 1 分散補償器 32 および第 2 分散補償器 35 における分散補償量の和に対する、第 2 分散補償器 35 の比  $R_1$  は、式 [4-1] に示すようになる。更には、中継装置 30-i における第 1 分散補償器 32 および第 2 分散補償器 35 における分散補償量の和に対する、第 2 分散補償器 35 の比  $R_i$  は、式 [3a] および式 [3b] の結果を用いることにより、式 [4-i] に示すようになる。尚、この式 [4-i] は、 $i=1$  の場合 (即ち  $R_1$ ) にも当てはまる。

【0036】

【数 2】

$$R_1 = \frac{-\beta D_1}{-\beta D_1 - D_1} = \frac{\beta}{\beta + 1} \quad \dots [4-1]$$

$$R_i = \frac{-\beta \sum_{j=1}^i D_j}{\beta \sum_{j=1}^{i-1} D_j - D_i - \beta \sum_{j=1}^i D_j} = \frac{\beta}{1 + \beta} \sum_{j=1}^i \frac{D_j}{D_i} \quad \dots [4-i]$$

【0037】

ここで、この式〔4-i〕において得られた式のシグマ項を含まない前段項は一定値である一方、後段項は伝送距離とともに（i の値が増大するとともに）漸次増大していく値である（ $D_i > 0$ ）。即ち、第 1 分散補償部 32 および第 2 分散補償部 35 における分散補償量の和に対する、第 2 分散補償部 35 における過補償量の比  $R_i$  は、当該中継装置 30-i が配置される送信用端局装置 10 からの伝送距離とともに漸次変化（漸次増加）する設定となっているのである。

【0038】

なお、漸次増加するとは、送信用端局装置 10 からの伝送距離とともに途中で減少することなく、だんだんと増えていくことである。又、後述するように、第 1 分散補償部 32 および第 2 分散補償器 35 における分散補償量の和に対する第 2 分散補償器 35 での過補償量の比を漸次増加する割合  $R_i$  とすることにより、この比を一定とする場合に比べて、受信用端局装置 20 における波形劣化を抑制させることができるようになっている。

【0039】

ところで、受信用端局装置 20 の構成について説明すると、受信用端局装置 20 は、分散補償・増幅器 21，分波器 22，44 個の可変分散補償器（Variable Dispersion Compensator：VDC）23-1～23-44 および 44 個の光受信部 24-1～24-44 をそなえて構成されている。

ここで、分散補償・増幅器 21 は、中継区間 40-N を通じて入力された波長多重光信号を増幅するとともに、中継区間 40-N を通じて伝搬してきた波長多重光信号に生じた分散  $D_N$  を、中継区間 40-1～40-N での過補償量の累積



値と協働して補償量 DCR で補償するものである。尚、上述の分散  $D_N$  の値についても、中間波長帯  $\lambda_{22}$  において生じた分散値としている。

#### 【0040】

具体的には、中継装置 30 - (N - 1) から中継区間 40 - N へ波長多重光信号が送出された時点での中間波長帯  $\lambda_{22}$  の分散量は DCLb # (N - 1) である (式 [3b] 参照)。従って、分散補償・増幅器 21 でゼロにすべき中間波長  $\lambda_{22}$  の光信号の補償量 DCR は、上述の分散値  $D_N$  を用いて、式 [5] に示すように表すことができる (図 3 参照)。

#### 【0041】

#### 【数 3】

$$DCR = - \left( -\beta \sum_{j=1}^{n-1} D_j + D_N \right) = -D_N + \beta \sum_{j=1}^{n-1} D_j \quad \dots [5]$$

#### 【0042】

また、分波器 22 は、分散補償・増幅器 21 からの波長多重光信号について、44 種類の波長成分に波長分離するものであり、可変分散補償器 23 - 1 ~ 23 - 44 は、分波器 22 にて波長分離された光信号について生じている残留分散を、個別に補償するものであり、これにより、波長毎に分散量が異なる分散スロープの影響を解消して、各波長の光信号の分散値を最適値のゼロとすることができるようになっている。

#### 【0043】

光受信部 24 - 1 ~ 24 - 44 はそれぞれ、可変分散補償器 23 - 1 ~ 23 - 44 にて各波長の分散値が最適に補償された光信号について受信処理を施すものである。

上述の構成により、本発明の第 1 実施形態における波長多重光中継伝送システム 1A においては、以下に示すように波長多重光信号の分散を補償し、且つ、各中継装置 30 - 1 ~ 30 - (N - 1) にて分岐される光信号について、最適な補償量で分散を補償している。

#### 【0044】

まず、送信用端局装置 10 においては、44 種類の波長  $\lambda_1 \sim \lambda_{44}$  が波長多重

された波長多重光信号を送出するが、この時点では分散は光ファイバ中の光信号の伝搬に起因した波長分散は発生していない。

また、各中継区間の端点に配置された中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) においては、図 4 のフローチャートに示すように、第 1 分散補償器 32 において、送信用端局装置 10 側の中継区間 40-1 ~ 40-(N-1) を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に補償する（第 1 分散補償ステップ、ステップ S1）。具体的には、上述したように中間波長  $\lambda_{22}$  の分散がゼロになるように、（補償量 DCLa で）波長多重光信号の分散を補償する。

#### 【0045】

ついで、第 1 分散補償ステップにて分散補償された波長多重光信号について、分波器 33 および合波器 34 を通じて、光分岐挿入処理を施す（光分岐挿入ステップ、ステップ S2）。即ち、この光分岐挿入処理において分岐された光信号は分散が最適に補償されているので、ローカル局 50-1 ~ 50-n で最適に波形劣化が補償された状態の光信号を受信することができる。

#### 【0046】

さらに、第 2 分散補償器 35 において、光分岐挿入ステップにて光分岐挿入処理が施された波長多重光信号について、上述のトレランス以内に分散が補償された波長多重光信号について、中継区間で生じた分散の総和に対して第 1 分散補償器 32 での補償量と当該第 2 分散補償器 35 での補償量との和が所定割合になるよう過補償量 DLCb で分散補償を行なって、受信用の端局装置側の中継区間へ送出する（第 2 分散補償ステップ、ステップ S3）。

#### 【0047】

このとき、伝送路 40 上で隣接する 2 つの中継装置（例えば中継装置 30-1, 30-2）における前段の中継装置（30-1）においては、第 2 分散補償器 35 で、前記過補償量で分散補償が行なわれた第 1 波長多重光信号を受信用端局装置 20 側の中継区間 30-2 へ送出する（第 2 分散補償ステップ）とともに、後段の中継装置 30-2 においては、第 1 分散補償器 32 で、第 1 波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に補償する（第 1 分散補償

ステップ)。

#### 【0048】

さらに、各中継装置 30-i [i; 1~(N-1)] において、第2分散補償器 35における過補償量の分散補償を行なう際の第1分散補償器 32における補償量に対する割合  $R_i$  を、当該中継装置 30-i の光伝送路 40上における送信用端局装置 10からの伝送距離とともに漸次増加する設定としているので、受信用端局装置 20にて受信する各波長の光信号の波形劣化を最適に補償することができる。

#### 【0049】

また、受信用端局装置 20において受信された波長多重光信号に残留分散が生じている場合に、可変分散補償器 23-1~23-44で、各波長の光信号個別に、生じている残留分散を補償する。

図5~図7、図8(a)~図8(c)および図9は、上述の図1に示す波長多重光中継伝送システム 1Aにおいて、各中継装置 30-1~30-(N-1)における過補償により、受信用端局装置 20にて受信する波長多重光信号の波形劣化を最適に補償できることを説明するための図である。

#### 【0050】

ここで、図5に示す波長多重光中継伝送システム 3は、送信用端局装置 10と受信用端局装置 20とを光伝送路 70で接続して、波長多重光信号の線形中継伝送を行なうものである。この光伝送路 70は、5つの線形中継器 60-1~60-5で、それぞれの中継区間(スパン) 70-1~70-6が区切られている。又、中継区間 70-1~70-6はそれぞれ、ほぼ100km程度の長さの光ファイバ 71-1~71-6で構成されている。

#### 【0051】

すなわち、図1に示す第1実施形態における波長多重光中継伝送システム 1Aに比して、中継装置 30-1~30-(N-1)とは異なり、光分岐挿入の機能を有しない線形中継器 60-1~60-5をそなえている。尚、図5中、図1と同一の符号は、ほぼ同様の部分を示している。

また、これらの線形中継器 60-1~60-5においても増幅器 61とともに

分散補償器 62 をそなえているが、この分散補償器 62 は、中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) と同様に、各中継区間での伝送路分散量に対して過補償分を補償して後段の中継区間 70-2 ~ 70-6 に送出している点は共通している。

#### 【0052】

この場合において、各線形中継器 60-1 ~ 60-5 において、前段の中継区間 70-1 ~ 70-5 の中間波長帯  $\lambda_{22}$  の伝送路分散量  $D$  に対して 114% の補償を累積して行なっていく場合 ( $D$  の 14% 分を過補償量〔分散ずれ量〕  $\Delta D_L$  として補償する場合、図 6 参照) は、線形中継器 60-1 ~ 60-5 において累積する過補償量は、順に  $\Delta D_L$ ,  $2\Delta D_L$ ,  $3\Delta D_L$ ,  $4\Delta D_L$ ,  $5\Delta D_L$  となる。即ち、前述の第 1 実施形態の場合と同様に、各中継器 60-1 ~ 60-5 で累積する過補償分が、送信用端局装置 10 からの伝送距離とともに漸次増大するようになっている。

#### 【0053】

上述したように、各中継区間 70-1 ~ 70-5 は、ほぼ 100 km 程度のシングルモードファイバ (SMF) からなり、各中継区間 70-1 ~ 70-5 での伝送路分散量をほぼ同程度の分散量  $D$  とすることができる。この場合において、前述の式〔4-i〕は、式〔4'〕のようにあらわすことができる。尚、この値は、第 2 分散補償器 35 において過補償を行なう場合 ( $\beta > 0$ ) には、送信用端局装置 10 からの伝送距離とともに漸次増大しているといえることができる。

#### 【0054】

##### 【数 4】

$$R_i = \frac{\beta}{D_i(1+\beta)} \sum_{j=1}^i D_j = \frac{\beta}{(1+\beta)} \times i \quad \dots [4']$$

#### 【0055】

このような構成の波長多重光中継伝送システム 3 において、各線形中継器 60-1 ~ 60-5 において、上述のごとき中間波長帯  $\lambda_{22}$  における 1 スパンでの伝送路分散量  $D$  に対して例えば 114% の分散補償率で補償を行なう場合 ( $D$  の 14% 分を過補償量  $\Delta D_L$  として補償する場合、図 6 参照) と、図 7 に示すような分散保障を行なう場合とで、受信用端局装置 20 で受信する波長多重光信号の波

長劣化を比較すると、以下のとおりとなる。

【0056】

ここで、図7においては、図5に示すものと同様の構成の波長多重光中継伝送システム1A'における各線形中継器60-1～60-5において、中継区間70-1～70-5で中間波長帯 $\lambda_{22}$ に生じる伝送路分散量 $A_1 \sim A_5$ に対して、過補償を行わずに100%の分散補償率で分散補償を行ない、B1～B5のように最適に分散量が補償された波長多重光信号を受信用端局装置20に送出している。

【0057】

このとき、線形中継器60-1～60-5での分散補償の設定を図6または図7に示すようにした場合において、受信用端局装置20で受信する波長多重光信号の波形劣化を比較すると、図8(a)～図8(c)に示すようになる。

図8(a)～図8(c)はいずれも、上述の図6および図7に示す分散補償を行なった場合のそれぞれについて、残留分散(伝送路+分散補償器の総分散量)に対するQペナルティ(波形特性を現すQ値の劣化量)の比較結果を説明する図である。

【0058】

ここで、Qペナルティとは、Q値のバックツーバックの値とQ値の伝送路を介しての伝送後の値の差である。Q値は、光信号波形を電気信号に直し、アイパターンを得た場合、アイの中心で縦にアイの断面を取り、“1”側サンプル分布の中心と“0”側サンプル分布の中心との間の距離で、“1”側サンプル分布の標準偏差と“0”側サンプル分布の標準偏差との和を除算したものである。

【0059】

ここで、図8(a)は、Qペナルティを全残留分散値に対してプロットしたもので、黒三角で表示された点は図6に示す114%の分散補償を行なったときの残留分散値の分布を示し、黒四角で表示された点は図7に示す100%の分散補償を行なったときの残留分散値の分布を示している。又、図8(b)は図6に示す114%の分散補償を行なった場合の上述のアイパターンで、図8(c)は図7に示す100%の分散補償を行なった場合の上述のアイパターンである。

## 【0060】

この図8(a)に示すように、図7に示す100%の分散補償を行なった場合に比べ、図6に示す114%の過補償を行なった場合の方が、Qペナルティの値を小さくすることができ、波形劣化を少なくすることができる。

なお、上述の波形劣化を評価するにあたっては、上述の受信用端局装置20における分散補償・増幅器21および可変分散補償器23-1～23-44での分散補償量の和(DCR+VDC)を調節して、残留分散を厳密に零に合わせておく必要がある。

## 【0061】

また、図9は、図5に示す波長多重光中継伝送システム3において、受信用端局装置20の分散補償・増幅器21における分散補償量DCRを調整して残留分散をゼロにした場合の、各線形中継器60-1～60-5での分散ずれ量 $\Delta D$ 〔1スパンあたりに生じる分散量 $\times$ (1-分散補償率)〕に対するQペナルティの特性を示す図である。

## 【0062】

この図9に示すように、線形中継器60-1～60-5の分散補償器62において、過補償にした方がQペナルティの値が小さくなる。即ち、分散補償率が105%～120%程度に相当する $\Delta D$ においては、Qペナルティの値が良好であり、特に、分散補償率が114%程度に対応するずれ量 $\Delta D = -200 \text{ ps/nm}$ の値周辺では最もQペナルティの特性が良くなっている。

## 【0063】

図10に示す波長多重光中継伝送システム1A'は、前述の図1に示す波長多重光中継伝送システム1Aにおいて、5つの中継装置30-1～30-5で、伝送路40を6つの中継区間40-1～40-6に区切ったものである。そして、各中継区間40-1～40-6は100km程度のシングルモードファイバで構成されて、中間波長帯 $\lambda_{22}$ において生じる分散量としてはほぼ同程度の分散量Dとすることができる。

## 【0064】

また、各中継装置30-1～30-5の第1分散補償器32では分散補償率1

00%で補償を行なうとともに、第2分散補償器35では過補償率 $\beta = 10\%$ で過補償を行なう。換言すれば、第1分散補償器32および第2分散補償器35が協働することにより、良好なQペナルティを得ることが可能な110%の分散補償率で分散補償を行なうことができるようになっている。

#### 【0065】

この場合においては、中継装置30-1の第1分散補償器32では補償量 $-D$ で分散補償を行ない、第2分散補償器35では過補償量 $-0.1D$ で過補償を行なう。同様に、中継装置30-2の第1分散補償器32では補償量 $-D$ で分散補償を行ない、第2分散補償器35では過補償量 $-0.1D$ で過補償を行なう。

同様に、中継装置30-2～30-5における第1分散補償器32における補償量および第2分散補償器35における過補償量についても、前述の式〔3a〕および式〔3b〕を用いることにより求められる。

#### 【0066】

すなわち、中継装置30-2～30-5における第1分散補償器32の補償量 $DCLa\#1 \sim DCLa\#5$ はそれぞれ、 $-0.9D$ 、 $-0.8D$ 、 $-0.7D$ 、 $-0.7D$ 、 $-0.6D$ となり、中継装置30-2～30-5における第2分散補償器35の補償量 $DCLb\#1 \sim DCLb\#5$ はそれぞれ、 $-0.1D$ 、 $-0.2D$ 、 $-0.3D$ 、 $-0.4D$ 、 $-0.5D$ となる（図11参照）。

#### 【0067】

このように、本発明の第1実施形態によれば、第1分散補償器32において、送信用の端局装置10側の中継区間30-1～30-(N-1)を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に最適に補償して（第1分散補償ステップ）、光分波器33および光合波器34（図2参照）により光分岐挿入処理を行なうことができるので（光分岐挿入ステップ）、ローカル局50-1～50-nで受信させる光信号の波長分散を最適なものとして、受信光信号の特性を向上させることができるほか、第2分散補償ステップにおける過補償量の分散補償を行なうための所定割合Rを、中継装置30-1～30-(N-1)の光伝送路40上における送信用の端局装置10からの伝送距離とともに漸次増加する設定とすることができるので、受信用端局装置20にて受信す

る各波長の光信号の波形劣化を最適に補償することができる。

#### 【0068】

〔B〕第1実施形態の第1変形例の説明

図12は本発明の第1実施形態の第1変形例における波長多重光中継伝送システム1Bを示すブロック図であり、この図12に示す波長多重光中継伝送システム1Bは、前述の図5に示す波長多重光中継伝送システム1Aに比して、各中継装置30-1～30-5の第1分散補償器32Bおよび第2分散補償器35Bを、分散量の設定を可変しうる可変分散補償器（VDC）により構成されている点が異なり、これ以外の構成については基本的に同様である。

#### 【0069】

このように構成された中継装置30-1～30-5においても、前述の第1実施形態の場合と同様に、第1分散補償器32Bにおいて、送信用の端局装置10側の中継区間30-1～30-(N-1)を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に最適に補償し（第1分散補償ステップ）、第2分散補償器35Bにおける（第2分散補償ステップでの）過補償量の分散補償を行なうための所定割合Rを、中継装置30-1～30-(N-1)の光伝送路40上における送信用の端局装置10からの伝送距離とともに漸次増加する設定とすることができるので、前述の第1実施形態の場合と同様の利点を得ることができる。

#### 【0070】

また、前述の第1実施形態における図1（または図5）に示す中継装置30-1～30-5の構成では、各中継装置30-1～30-(N-1)の第1分散補償器32および第2分散補償器35に対応した多種類の固定分散補償器を用意する必要があったが、本構成では単一種類の可変分散補償器を準備しその設定値を変更するだけでよく、分散を補償するためのネットワークの構築を容易にすることができる。又、ビットレートや伝送路長等の伝送パラメータが変わって、前段と後段の分散補償量の比や総量の最適値が変化した場合でも、この可変分散補償器の補償量の設定を変更することで容易に対応することができる利点もある。

#### 【0071】



## 〔C〕第1実施形態の第2変形例の説明

図13は本発明の第1実施形態の第2変形例における波長多重光中継伝送システム1Cを示すブロック図であり、この図13に示す波長多重光中継伝送システム1Cは、前述の図5に示す波長多重光中継伝送システム1Aに比して、各中継装置30-1～30-5が、図2に示す構成に加えて、光合波器33における分岐処理の前段において可変分散スロープを補償する可変分散スロープ補償器37をそなえている点が異なっている。

## 【0072】

前述の図5の構成では、中心波長（例えば $\lambda_{22}$ ）において各中継装置30-1～30-5における残留分散がゼロになるように第1分散補償器32と第2分散補償器35の分散補償量の比を調節している。しかし、実際には、伝送路ファイバおよび分散補償器の残留分散スロープによって、他のチャンネルでの光分岐挿入を行なう位置（図14の点C<sub>1</sub>～C<sub>5</sub>参照）での分散量が分散トレランスに影響を与える程度に残留していることが考えられる。

## 【0073】

たとえば図14に示すように、光ファイバ41-1を伝搬する波長多重光信号に生じた分散量として、波長 $\lambda_1$ の成分の分散量が $D\lambda_1$ 、波長 $\lambda_{22}$ の成分の分散量が $D\lambda_{22}$ 、波長 $\lambda_{44}$ の成分の分散量が $D\lambda_{44}$ であるとする、上述の第1分散補償器32および第2分散補償器35による中心波長 $\lambda_{22}$ を基準にした分散補償のみでは、伝送距離すなわち中継段数が増加するに従って、残留分散も累積的に増大するのである。

## 【0074】

たとえば、中継装置30-5における分岐挿入を行なう位置（図14のC<sub>5</sub>参照）での各波長の残留分散量 $DC_5\lambda_1 \sim DC_5\lambda_{44}$ のバラツキは、中継装置30-1における分岐挿入を行なう位置（図14のC<sub>1</sub>参照）での残留分散量 $DC_1\lambda_1 \sim DC_1\lambda_{44}$ のバラツキに比べて累積的に大きくなっている。

本変形例における各中継装置30-1～30-5における可変分散スロープ補償器37は、上述のような分散スロープを各中継段において補償するためのものであって、第1分散補償器32における分散補償後の波長多重光信号について、

分散スロープを補償することにより、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{44}$ における分散量を $\lambda_{22}$ の分散量（分散量ゼロの点、図15の点 $C_1 \sim C_5$ 参照）にするものである。これにより、伝送距離が増加するに従って累積的に残留分散スロープが増大することを防止することができる。

#### 【0075】

このように構成された各中継装置30-1～30-5においては、（図2に示す光分波器33および光合波器34による）光分岐挿入ステップにおける光分岐挿入処理における光分岐挿入前後（この場合は光分岐前および光挿入後）の各波長の光信号に残留分散が生じている場合に、可変分散スロープ補償器37で、残留分散を補償している（残留分散補償ステップ）。

#### 【0076】

具体的には、各光中継装置30-1～30-5の第1分散補償器32（第1分散補償ステップ）において、中間波長 $\lambda_{22}$ の分散量をゼロとするような分散量で補償された波長多重光信号における残留分散スロープを、可変分散スロープ補償器37で補償する（残留分散補償ステップ）。

この残留分散スロープが補償された波長多重光信号は、光分波器33および光合波器34における光分岐挿入処理、第2分散補償器35での第2分散補償処理および増幅器36による増幅処理が行なわれてから、後段の中継区間40-2～40-6へ送出される。

#### 【0077】

このように、本発明の第1実施形態の第2変形例によれば、残留分散補償ステップで、第1分散補償ステップにおいて中間波長 $\lambda_{22}$ の分散量をゼロとするような分散量で補償された波長多重光信号における残留分散スロープを、可変分散スロープ補償器37で補償することができるので、伝送距離が増加するに従って累積的に残留分散スロープが増大することを防止することができる利点がある。

#### 【0078】

また、第2分散補償器35における（第2分散補償ステップでの）過補償量の分散補償を行なうための所定割合Rを、中継装置30-1～30-(N-1)の光伝送路40上における送信用の端局装置10からの伝送距離とともに漸次増加

する設定とすることができるので、前述の第1実施形態の場合と同様の利点を得ることができる。

#### 【0079】

なお、上述の図13においては、可変分散スロープ補償器37を用いて残留分散スロープを補償しているが、本発明によればこれに限定されず、異なるスロープ値の固定分散スロープ補償器を多種類用意し、各中継区間40-1~40-5において実測した分散スロープ残量に応じた固定分散スロープ補償器を用いることとしてもよい。

#### 【0080】

また、必要に応じて、このような分散スロープ補償器を、第1分散補償器32の後段の位置（例えば、図13における中継装置30-1の位置A）でなく、第1分散補償器32の前段（位置B）に設けることとしてもよい。更に、光合波器34による光挿入処理後の波長多重光信号の残留分散スロープを補償する補償器を、第2分散補償器35の前段（位置C）や第2分散補償器35の後段（位置D）の位置に設けても良い。更には、上述の各位置（A~D）における分散補償器を任意に組み合わせて配置することも可能である。

#### 【0081】

##### 〔D〕第1実施形態の第3変形例の説明

図16は本発明の第1実施形態の第3変形例における波長多重光中継伝送システム1Dを示すブロック図であり、この図16に示す波長多重光中継伝送システム1Dは、前述の図5に示す波長多重光中継伝送システム1Cに比して、各中継装置30-1~30-5が、図2に示す構成に加えて、可変分散補償器38-1~38-n, 39-1~39-nをそなえている点が異なっている。

#### 【0082】

前述の図5の構成では、中心波長（例えば $\lambda_{22}$ ）において各中継装置30-1~30-5における残留分散がゼロになるように第1分散補償器32と第2分散補償器35の分散補償量の比を調節している。上述の第1分散補償器32および第2分散補償器35による分散補償に加えて、本変形例の可変分散補償器38-1~38-nは、ローカル局50-1~50-nへ送出される光信号の残留分散

スロープを補償し、可変分散補償器 39-1 ~ 39-n は、ローカル局 50-1 ~ 50-n から光伝送路 40 における波長多重光信号に挿入される光信号の残留分散スロープを補償するようになっている。

#### 【0083】

このように構成された波長多重光中継伝送システム 1D において、各中継装置 30-1 ~ 30-5 においては、(図 2 に示す光分波器 33 および光合波器 34 による) 光分岐挿入ステップにおける光分岐挿入処理における光分岐挿入前後 (この場合は光分岐後および光挿入前) の各波長の光信号に残留分散が生じている場合に、可変分散スロープ補償器 37 で、残留分散を補償している (残留分散補償ステップ)。

#### 【0084】

具体的には、各光中継装置 30-1 ~ 30-5 の第 1 分散補償器 32 (第 1 分散補償ステップ) において、中間波長  $\lambda_{22}$  の分散量をゼロとするような分散量で補償された波長多重光信号が光分波器 33 で波長分離されて、ローカル局 50-1 ~ 50-n の受信波長として割り当てられた波長の光信号は、それぞれ可変分散補償器 38-1 ~ 38-n へ出力される。可変分散補償器 38-1 ~ 38-n では、ローカル局 50-1 ~ 50-n へ送出すべき光信号の残留分散スロープを補償してから、該当する波長の光信号をローカル局 50-1 ~ 50-n へ送出する。

#### 【0085】

また、ローカル局 50-1 ~ 50-n からの光信号については、それぞれ可変分散補償器 39-1 ~ 39-n へ入力されて、これらの可変分散補償器 39-1 ~ 39-n で残留分散スロープが補償されてから、光合波器 34 で光挿入処理が行なわれる。

このように、本発明の第 1 実施形態の第 3 変形例によれば、光分波器 33 でドロップされる (ローカル局 50-1 ~ 50-n へ送出) される光信号とともに、光合波器 34 でアドされる (ローカル局 50-1 ~ 50-n から挿入される) 光信号の残留分散スロープを、可変分散補償器 38-1 ~ 38-n, 39-1 ~ 39-n で補償することができるので、ローカル局 50-1 ~ 50-n へ送出され

る各波長の光信号相互の分散量のズレとともに、ローカル局 50-1 ~ 50-n からの光信号相互の分散量のズレを調整することができる利点がある。

#### 【0086】

また、第2分散補償器 35 における（第2分散補償ステップでの）過補償量の分散補償を行なうための所定割合 R を、中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) の光伝送路 40 上における送信用の端局装置 10 からの伝送距離とともに漸次増加する設定とすることができるので、前述の第1実施形態の場合と同様の利点を得ることができる。

#### 【0087】

なお、上述の可変分散補償器 38-1 ~ 38-n および 39-1 ~ 39-n においては、各ローカル局 50-1 ~ 50-n に送受信用に割り当てられた光波長ごとに設ける必要があるが、残留分散スロープという比較的小さい分散量を補償するものであるため、補償量として可動する範囲を小さい範囲とすることで足り、安価で小型のデバイスで実現することができる。

#### 【0088】

##### 〔E〕第1実施形態の第4変形例の説明

図17は本発明の第1実施形態の第4変形例における波長多重光中継伝送システム 1E を示すブロック図であり、この図17に示す波長多重光中継伝送システム 1E は、前述の第1実施形態におけるもの（符号 1A 参照）に比して、送信用端局装置 10 の増幅器 13 が、分散補償・増幅器 13D として構成されて、且つこの分散補償・増幅器 13D における分散補償量を、ファイバ種、伝送距離、ビットレート等の伝送条件に応じて設定するようになっている点が異なる。

#### 【0089】

そして、上述の分散補償・増幅器 13D 以外の構成については、前述の第1実施形態の場合と基本的に同様である。

すなわち、図18に示すように、分散補償・増幅器 13D での分散補償量 DCT を  $-D_T$  とすることにより、各中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) の第1分散補償器 32 においては、前述の第1実施形態の場合における補償量（式〔3a〕参照）に、 $+D_T$  を付加した補償量で分散補償を行なう。同様に、第2分散補

償器 35 においては、前述の第 1 実施形態の場合における補償量（式〔3b〕参照）に、 $-D_T$ を付加した過補償量で分散補償を行なう。

#### 【0090】

これにより、中間波長帯  $\lambda_{22}$  の光信号については、分散補償・光増幅器 21 による分散補償後の光分波器 22 の位置で帯域分割装置の位置での残留分散をゼロにすることができるほか、ファイバ種、伝送距離、ビットレート等の伝送条件によって、前述の第 1 実施形態における受信用端局装置 20 の分散補償・増幅器 21 における補償量 DCR 分を、送信用端局装置 10 および受信用端局装置 20 で分担して補償している。

#### 【0091】

したがって、本発明の第 1 実施形態の第 4 変形例においても、前述の第 1 実施形態と同様の利点があるほか、ファイバ種、伝送距離、ビットレート等の伝送条件によって、前述の第 1 実施形態における受信用端局装置 20 の分散補償・増幅器 21 における補償量 DCR 分を、送信用端局装置 10 および受信用端局装置 20 で分担して補償することができるので、波長多重光中継伝送システム 1E において、伝送条件に応じた最適な分散補償機能を配置させることができる利点がある。

#### 【0092】

また、上述の第 1 実施形態および第 1 実施形態の第 1～第 3 変形例における波長多重光中継伝送システム 1A, 1A', 1B～1D における送信用端局装置 10 においても、図 17 の場合に準じて、送信用端局装置 10 の増幅器 13 を分散補償機能付きの増幅器 13D を適用することもできるが、この場合には分散補償量としてはゼロに設定しておく。

#### 【0093】

さらに、上述の第 1 実施形態の第 1～第 3 変形例における波長多重光中継伝送システム 1B～1D として、この増幅器 13D における分散補償量を、ファイバ種、伝送距離、ビットレート等の伝送条件に応じて設定するようにすることも、もちろん可能である。

#### 〔F〕第 2 実施形態の説明

図 19 は本発明の第 2 実施形態における波長多重光中継伝送システム 2 を示すブロック図であり、この図 19 に示す波長多重光中継伝送システム 2 は、前述の第 1 実施形態におけるもの（符号 1 A 参照）に比して、送信用端局装置 10 の増幅器 13 に代えて、前述の図 17 の場合と同様の分散補償・増幅器 13 D をそなえたとともに、中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) における第 1 分散補償部 32 F および第 2 分散補償部 35 F による分散補償の態様が異なっている。尚、上述の分散補償・増幅器 13 D および中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) 以外の構成については、前述の第 1 実施形態の場合と基本的に同様である。

#### 【0094】

すなわち、図 18 に示すように、分散補償・増幅器 13 D での分散補償量 DCT を  $-DT$  とするとともに、各中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) の第 1 分散補償器 32 F においては、送信用端局装置 10 側の中継区間 40-1 ~ 40-(N-1) を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内（例えば分散量ゼロ）に補償する。

#### 【0095】

さらに、各中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) の第 2 分散補償器 35 F においては、光分波器 33 および光合波器 34（図 2 参照）にて光分岐挿入処理が施された波長多重光信号について、中継区間で生じた分散の総和に対する対して、第 1 分散補償部 32 F における補償量と当該第 2 分散補償器 35 F の補償量との和が所定割合になるよう過補償量で分散補償を行なうようになっているが、この過補償量の分散補償を行なうための所定割合を、当該中継装置 30-1 ~ 30-(N-1) が配置される送信用端局装置 10 からの伝送距離とともに漸次減少するように構成されている。

#### 【0096】

具体的には、上述の中継装置 30-1 の第 1 分散補償器 32 F における最適の分散補償量  $DCLa\#1$  は、中継区間 40-1 において中間波長  $\lambda_{22}$  の光信号に生じる分散量を  $D_1$  とすると、例えば式〔6a〕のように示すことができ、これにより、中継装置 30-1 の第 1 分散補償器 32 では、中継区間 40-1 において中間波長  $\lambda_{22}$  の光信号に生じた波長分散をゼロとすることができる（図 20 の

点C<sub>1</sub>参照)。

【0097】

$$DCLa\#1 = -D_1 + D_T \quad \cdots [6a]$$

また、中継装置30-1の第2分散補償器35Fにおける過補償量DCLb#1は、例えば式[6b]に示すように、分散補償・増幅器13Dにおける過補償分 $-D_T$ に、上述の中継区間40-1で中間波長 $\lambda_{22}$ に生じた分散量 $D_1$ に対する一定の未補償率 $\gamma$ （補償率は $1-\gamma$ ）を乗算した値を加算したものとすることができる（図20参照）。

【0098】

$$DCLb\#1 = -D_T + (\gamma \times D_1) = +\gamma D_1 - D_T \quad \cdots [6b]$$

さらに、上述の中継装置30-2の第1分散補償器32における最適の分散補償量DCLa#2は、中継区間40-2に起因して中間波長 $\lambda_{22}$ の光信号に生じる分散量を $D_2$ とすると、例えば式[7a]のように示すことができる。

すなわち、中継装置30-1から中継区間40-2に送出する時点での中間波長 $\lambda_{22}$ の光信号の分散量は式[6b]に示す値であるので、これに分散量 $D_2$ を加算したものが、中継装置30-2の第1分散補償器32で補償すべき分散量である（図3参照）。尚、実際の補償量は分散量の値を負としたものである。

【0099】

$$DCLa\#2 = - (+\gamma D_1 - D_T + D_2) = -\gamma D_1 - D_2 + D_T \quad \cdots [7a]$$

また、中継装置30-2の第2分散補償器35における過補償量DCLb#2は、例えば式[7b]に示すように、分散補償・増幅器13Dにおける過補償分 $-D_T$ に、上述の2つの中継区間40-1, 40-2で生じた累積の分散量 $D_1 + D_2$ に対する一定の未補償率 $\gamma$ を乗算したものを加算したものとすることができる（図20参照）。

【0100】

$$DCLb\#2 = -D_T + \gamma (D_1 + D_2) \quad \cdots [7b]$$

中継装置30-3～30-(N-1)における第1分散補償器32Fおよび第2分散補償器35Fについても、上述の中継装置30-1, 30-2におけるものと同様に算出することができる。



式〔8 a〕は、中継装置 30-i〔i; 2~(N-1)〕における第1分散補償器 32 Fにおいて補償すべき最適の分散補償量 DCL a # iを示し、この補償量により、各中継装置 30-2~30-(N-1)における第1分散補償器 32 Fでは、前段の中継区間 40-2~40-(N-1)において中間波長  $\lambda_{22}$ の光信号に生じた波長分散をゼロとすることができる（図20の点C<sub>2</sub>~C<sub>n-1</sub>参照）。

#### 【0101】

又、式〔8 b〕は、中継装置 30-i〔i; 2~(N-1)〕における第2分散補償器 35 Fにおいて補償すべき過補償量 DCL b # iを示す（図20参照）。

#### 【0102】

#### 【数5】

$$DCL a \# i = -\gamma \sum_{j=1}^{i-1} D_j - D_i + D_T \quad \dots [8 a]$$

$$DCL b \# i = +\gamma \sum_{j=1}^i D_j - D_T \quad \dots [8 b]$$

#### 【0103】

すなわち、中継区間 40-(i-1)を通じて伝搬してきた波長多重光信号の中間波長  $\lambda_{22}$ に生じた分散 D<sub>i</sub>と、中継区間 40-1~40-(i-1)での過補償量の累積値とを用いることにより、第1分散補償器 32 Fにおける最適分散補償量 DCL a # iを導出することができるのである。又、上記の式〔8 b〕から、送信用端局装置 10からの伝送距離が増大するに従って、過補償量の大きさは減少（式〔8 b〕の値の絶対値が減少）するようになっている。

#### 【0104】

また、上述の中継装置 30-1における第1分散補償器 32 Fおよび第2分散補償器 35における分散補償量の和に対する、第2分散補償器 35 Fの比 R<sub>1</sub>は、式〔9-1〕に示すようになる。更には、中継装置 30-1における第1分散補償器 32 Fおよび第2分散補償器 35 Fにおける分散補償量の和に対する、第2分散補償器 35 Fの比 R<sub>1</sub>は、式〔8 a〕および式〔8 b〕の結果を用いるこ

とにより、式〔9-i〕に示すようになる。尚、この式〔4-i〕は、 $i=1$ の場合（即ち $R_1$ ）にも当てはまる。

【0105】

【数6】

$$R_1 = \frac{\gamma D_1 - D_T}{-D_1 + D_T + \gamma D_1 - D_T} = \frac{\gamma D_1 - D_T}{D_1(\gamma - 1)} \quad \dots [9-1]$$

$$R_i = \frac{\gamma \sum_{j=1}^i D_j - D_T}{-\gamma \sum_{j=1}^{i-1} D_j - D_i + D_T + \gamma \sum_{j=1}^i D_j - D_T} = \frac{\gamma \sum_{j=1}^i D_j - D_T}{D_i(\gamma - 1)} \quad \dots [9-i]$$

【0106】

ここで、各中継区間 $40-1 \sim 40-(N-1)$ が、ほぼ100km程度のシングルモードファイバ（SMF）であるとする、各中継区間 $40-1 \sim 40-(N-1)$ での伝送路分散量をほぼ同程度の分散量 $D$ とすることができる。この場合において、前述の式〔9-i〕は、式〔9'〕のようにあらわすことができる。

【0107】

【数7】

$$R_i = \frac{\gamma \sum_{j=1}^i D_j - D_T}{D_i(\gamma - 1)} = -\frac{\gamma \times i}{1 - \gamma} + \frac{D_T}{D(1 - \gamma)} \quad \dots [9']$$

【0108】

ここで、〔9'〕の前段項は当該中継装置 $30-i$ が配置される位置が送信用端局装置10から離れるとともに小さくなる負の値である一方、後段項は一定の正の値である。即ち、第1分散補償部32および第2分散補償部35における分散補償量の和に対する、第2分散補償部35における過補償量の比 $R_i$ は、当該中継装置 $30-i$ が配置される位置が送信用端局装置10からの伝送距離から離れるとともに漸次変化（漸次減少）する設定となっているのである。

【0109】

上述の構成により、本発明の第2実施形態における波長多重光中継伝送システ

ム2においても、前述の第1実施形態の場合と同様に、第1分散補償器32Fにおいて、送信用の端局装置10側の中継区間30-1～30-(N-1)を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に最適に補償し（第1分散補償ステップ）、第2分散補償器35Fにおける（第2分散補償ステップでの）過補償量の分散補償を行なうための比R（式〔9'〕参照）を、当該中継装置30-1～30-(N-1)の配置を、光伝送路40上における送信用の端局装置10から離れるとともに漸次減少する設定としている。

#### 【0110】

したがって、本発明の第2実施形態によれば、第1分散補償器32Fにおいて、送信用の端局装置10側の中継区間30-1～30-(N-1)を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に最適に補償して（第1分散補償ステップ）、光分波器33および光合波器34（図2参照）により光分岐挿入処理を行なうことができるので（光分岐挿入ステップ）、ローカル局50-1～50-nで受信させる光信号の波長分散を最適なものとして、受信光信号の特性を向上させることができるほか、第1分散補償ステップおよび第2分散補償ステップにおける分散補償量の和に対する、第2分散補償ステップにおける前記過補償量の比を、当該中継装置の前記の光伝送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次減少させることができるので、受信用端局装置20にて受信する各波長の光信号の波形劣化を最適に補償することができる。

#### 【0111】

また、上述の第1実施形態における第1～第3変形例における波長多重光中継伝送システム1B～1Dにおける送信用端局装置10においても、図19の場合に準じて、第2分散補償ステップにおける過補償量の分散補償を行なうための所定割合Rを、送信用端局装置10での過補償の値-D<sub>T</sub>から、伝送距離とともに漸次減少する設定とすることも、もちろん可能である。

#### 【0112】

〔G〕その他

上述の各実施形態においては、中継装置30-1～30-(N-1)の構成と

しては、図2に示すように、増幅器31, 36と分散補償器32, 35とが分離したものについて詳述したが、本発明によればこれに限定されず、例えば増幅器31および第1分散補償器32や、増幅器36および第2分散補償器35を、一体に構成することもできる。

#### 【0113】

##### 〔H〕付記

(付記1) 送信用の端局装置と受信用の端局装置とを、複数の中継装置で中継区間が区切られた光伝送路で接続して、波長多重光信号の中継伝送を行なう波長多重光中継伝送方法であって、

各中継区間の端点に配置された中継装置においては、

該送信用の端局装置側の中継区間を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に補償する第1分散補償ステップと、

該第1分散補償ステップにて分散補償された波長多重光信号について、波長成分ごとに光分岐挿入処理を施す光分岐挿入ステップと、

該光分岐挿入ステップにて光分岐挿入処理が施された波長多重光信号について、該送信用の端局装置側の中継区間で生じた分散に対して、該第1分散補償ステップでの補償量との和が所定割合になるよう過補償量で分散補償を行なって、該受信用の端局装置側の中継区間へ送出する第2分散補償ステップとをそなえて、前記中継伝送を行なう一方、

前記の第1分散補償ステップおよび第2分散補償ステップにおける分散補償量の和に対する、該第2分散補償ステップにおける前記過補償量の比を、当該中継装置の前記の光伝送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次変化する設定とすることを特徴とする、波長多重光中継伝送方法。

#### 【0114】

(付記2) 該第2分散補償ステップにおける前記の過補償量の分散補償を行なうための所定割合を、当該中継装置の前記の光伝送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次増加する設定とすることを特徴とする、付記1記載の波長多重光中継伝送方法。

(付記3) 該第2分散補償ステップにおける前記の過補償量の分散補償を

行なうための所定割合を、当該中継装置の前記の光伝送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次減少する設定とすることを特徴とする、付記 1 記載の波長多重光中継伝送方法。

【0115】

(付記 4) 該光分岐挿入ステップにおける光分岐挿入前後の各波長の光信号に残留分散が生じている場合に、前記残留分散を補償する残留分散補償ステップをそなえて構成されたことを特徴とする、付記 1～3 のいずれか 1 項記載の波長多重光中継伝送方法。

(付記 5) 送信用の端局装置において送信すべき波長多重光信号について、伝送条件に応じた分散補償を行なう送信側分散補償ステップをそなえて構成されたことを特徴とする、付記 1～4 のいずれか 1 項記載の波長多重光中継伝送方法。

【0116】

(付記 6) 前記伝送条件が、ファイバ種類、伝送距離またはビットレートのうちの少なくとも一つで構成されていることを特徴とする、付記 5 記載の波長多重光中継伝送方法。

(付記 7) 送信用の端局装置と受信用の端局装置とを、複数の中継装置で中継区間が区切られた光伝送路で接続して、波長多重光信号の中継伝送を行なう波長多重光中継伝送システムにおける中継装置であって、

該送信用の端局装置側の中継区間を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に補償する第 1 分散補償部と、

該第 1 分散補償部にて分散補償された波長多重光信号について波長成分ごとに光分岐挿入処理を施す光分岐挿入部と、

該光分岐挿入ステップにて光分岐挿入処理が施された波長多重光信号について、該送信用の端局装置側の中継区間で生じた分散に対して、該第 1 分散補償部での補償量との和が所定割合になるよう過補償量で分散補償を行なう第 2 分散補償部とをそなえて構成されたことを特徴とする、中継装置。

【0117】

(付記 8) 該第 2 分散補償部が、前記の過補償量の分散補償を行なうため

の所定割合を、当該中継装置が配置される該送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次増加するように構成されたことを特徴とする、付記 7 記載の中継装置。

(付記 9) 該第 2 分散補償部が、前記の過補償量の分散補償を行なうための所定割合を、当該中継装置が配置される該送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次減少するように構成されたことを特徴とする、付記 7 記載の中継装置。

#### 【0118】

(付記 10) 前記の第 1 分散補償部または第 2 分散補償部のうちの少なくとも一方を、分散補償量の設定値を可変しうる可変分散補償器で構成されたことを特徴とする、付記 7～9 のいずれか 1 項記載の中継装置。

(付記 11) 該光分岐挿入部へ入力される波長多重光信号か、または各中継装置の光分岐挿入部から出力される波長多重光信号についての分散スロープを補償する分散スロープ補償器をそなえて構成されたことを特徴とする、付記 7～10 のいずれか 1 項記載の中継装置。

#### 【0119】

(付記 12) 該光分岐挿入部で分岐・挿入する個別チャネルの光信号ごとに、前記の第 1 分散補償部または第 2 分散補償部における分散補償量に対する残留分散量の補償用の分散補償器をそなえて構成されたことを特徴とする、付記 7～11 のいずれか 1 項記載の中継装置。

#### 【0120】

##### 【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、第 1 分散補償器において、送信用の端局装置側の中継区間を伝搬してきた波長多重光信号に含まれる分散を、予め設定されたトレランス以内に最適に補償して（第 1 分散補償ステップ）、光分岐挿入処理を行なうことができるので（光分岐挿入ステップ）、ローカル局で受信させる光信号の波長分散を最適なものとして、受信光信号の特性を向上させることができるほか、第 1 分散補償ステップおよび第 2 分散補償ステップにおける補償量の和に対する第 2 分散補償ステップにおける過補償量の比  $R$  を、中継装置の光伝

送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次変化（増加又は減少）する設定とすることができるので、受信用端局装置にて受信する各波長の光信号の波形劣化を最適に補償することができる。

#### 【0121】

また、残留分散補償ステップで、光分岐挿入ステップにおける光分岐挿入前後の各波長の光信号に残留分散が生じている場合に、残留分散を補償することができるので、伝送距離が増加するに従って累積的に残留分散スロープが増大することを防止することができる利点があるほか、中継装置からローカル局へ送出される各波長の光信号相互の分散量のズレとともに、ローカル局から中継装置へ入力される光信号相互の分散量のズレを調整することができる利点がある。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の第1実施形態における波長多重光中継伝送システムを示すブロック図である。

##### 【図2】

本発明の第1実施形態における中継装置の要部を示すブロック図である。

##### 【図3】

本発明の第1実施形態における波長多重光中継伝送システムの分散補償態様を説明するための図である。

##### 【図4】

本発明の第1実施形態における中継装置の動作を説明するためのフローチャートである。

##### 【図5】

本発明の第1実施形態の作用効果を説明するための波長多重光中継伝送システムを示すブロック図である。

##### 【図6】

図5に示す波長多重光中継伝送システムの分散補償態様を説明するための図である。

##### 【図7】

図 6 に示す態様による分散補償の効果を説明するための図である。

【図 8】

(a) ～ (c) はいずれも図 6 に示す態様による分散補償の効果を説明するための図である。

【図 9】

図 6 に示す態様による分散補償の効果を説明するための図である。

【図 10】

本発明の第 1 実施形態における中継装置数を 5 とした場合の波長多重光中継伝送システムを示すブロック図である。

【図 11】

図 10 に示す波長多重光中継伝送システムの分散補償態様を説明するための図である。

【図 12】

本発明の第 1 実施形態の第 1 変形例における波長多重光中継伝送システムを示すブロック図である。

【図 13】

本発明の第 1 実施形態の第 2 変形例における波長多重光中継伝送システムを示すブロック図である。

【図 14】

図 13 に示す波長多重光中継伝送システムの分散補償態様を説明するための図である。

【図 15】

図 13 に示す波長多重光中継伝送システムの分散補償態様を説明するための図である。

【図 16】

本発明の第 1 実施形態の第 3 変形例における波長多重光中継伝送システムを示すブロック図である。

【図 17】

本発明の第 1 実施形態の第 4 変形例における波長多重光中継伝送システムを示



すブロック図である。

【図 18】

図 17 に示す波長多重光中継伝送システムの分散補償態様を説明するための図である。

【図 19】

本発明の第 2 実施形態における波長多重光中継伝送システムを示すブロック図である。

【図 20】

図 19 に示す波長多重光中継伝送システムの分散補償態様を説明するための図である。

【符号の説明】

1 A, 1 A', 1 B ~ 1 E, 2, 3 波長多重光中継伝送システム

10 送信用端局装置

11-1 ~ 11-44 光送信部

12 合波器

13 増幅器

20 受信用端局装置

13D, 21 分散補償・増幅器

22 分波器

23-1 ~ 23-44 可変分散補償器

24-1 ~ 24-44 光受信部

30-1 ~ 30-(N-1) 中継装置

31, 36 増幅器

32, 32B, 32F 第 1 分散補償器 (第 1 分散補償部)

33 光分波器 (光挿入分岐部)

34 光合波器 (光挿入分岐部)

35, 35B, 35F 第 2 分散補償器 (第 2 分散補償部)

37 可変分散スロープ補償器

38-1 ~ 38-n, 39-1 ~ 39-n 可変分散補償器

4 0 , 7 0 光伝送路

4 0 - 1 ~ 4 0 - N , 7 0 - 1 ~ 7 0 - 6 中継区間

4 1 - 1 ~ 4 1 - N 光ファイバ

5 0 - 1 ~ 5 0 - n ローカル局

5 1 R 受信部

5 1 T 送信部

6 0 - 1 ~ 6 0 - 5 線形中継器

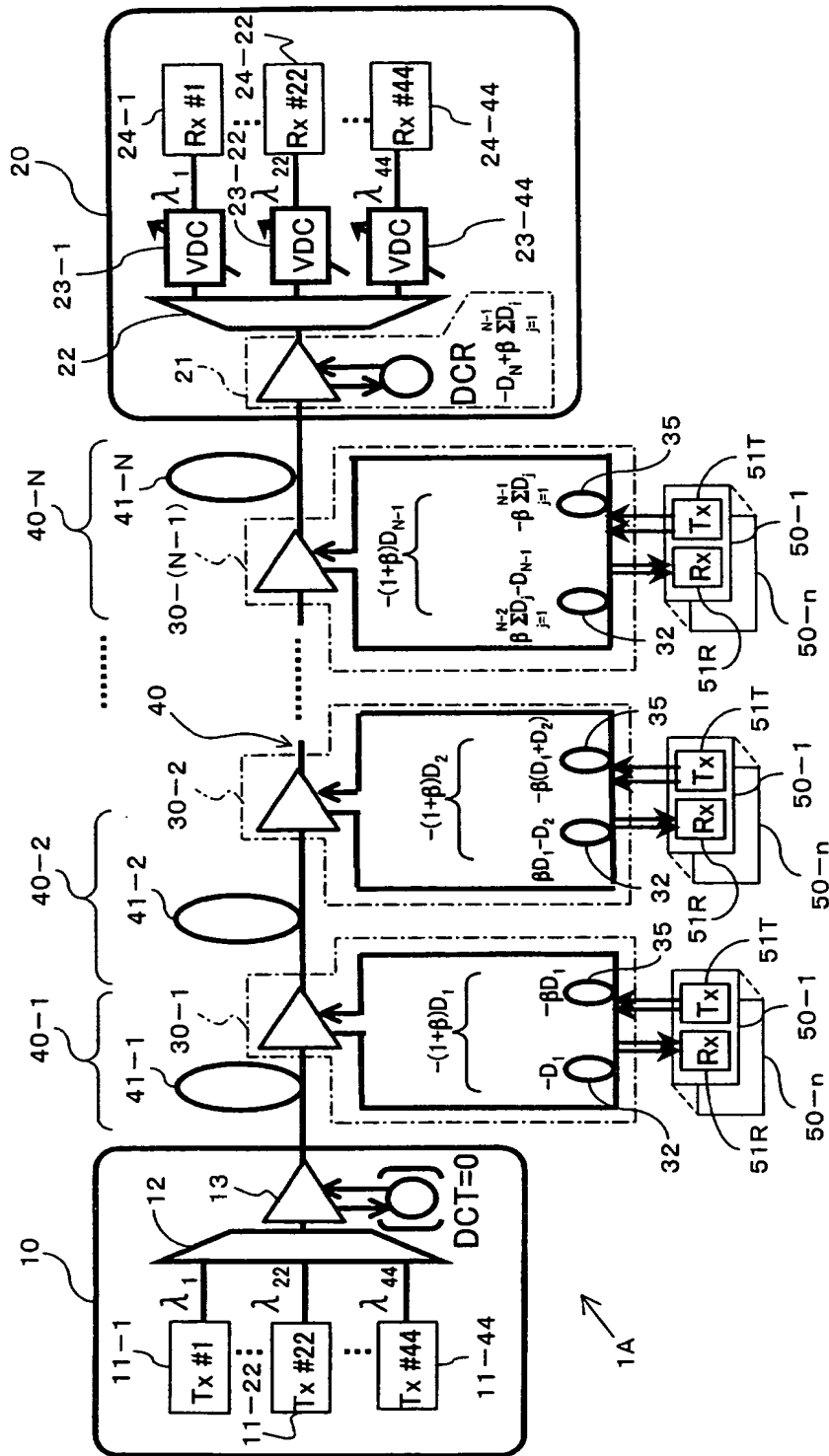
6 1 増幅器

6 2 分散補償器

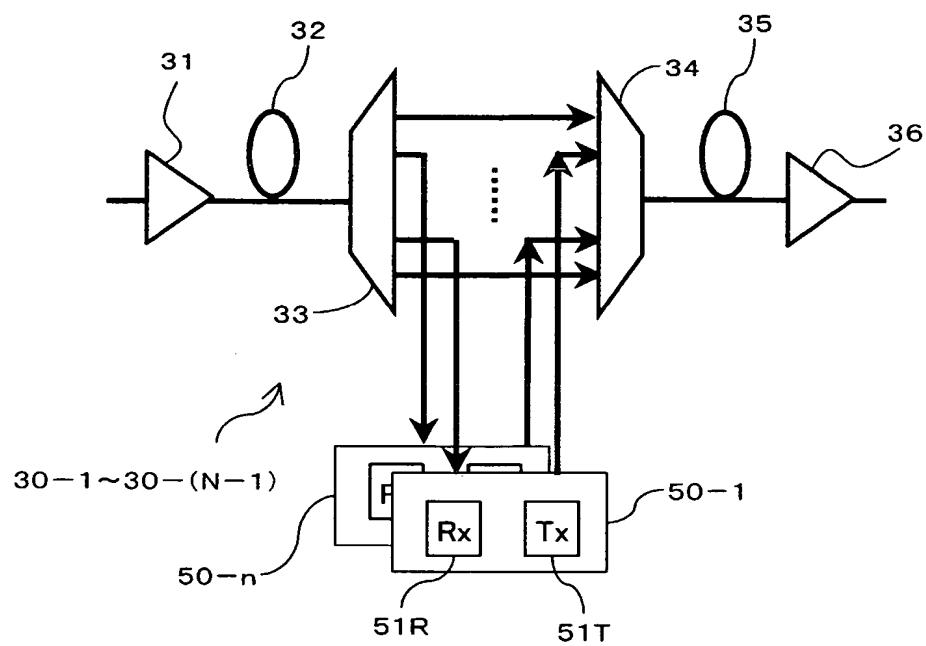
【書類名】

図面

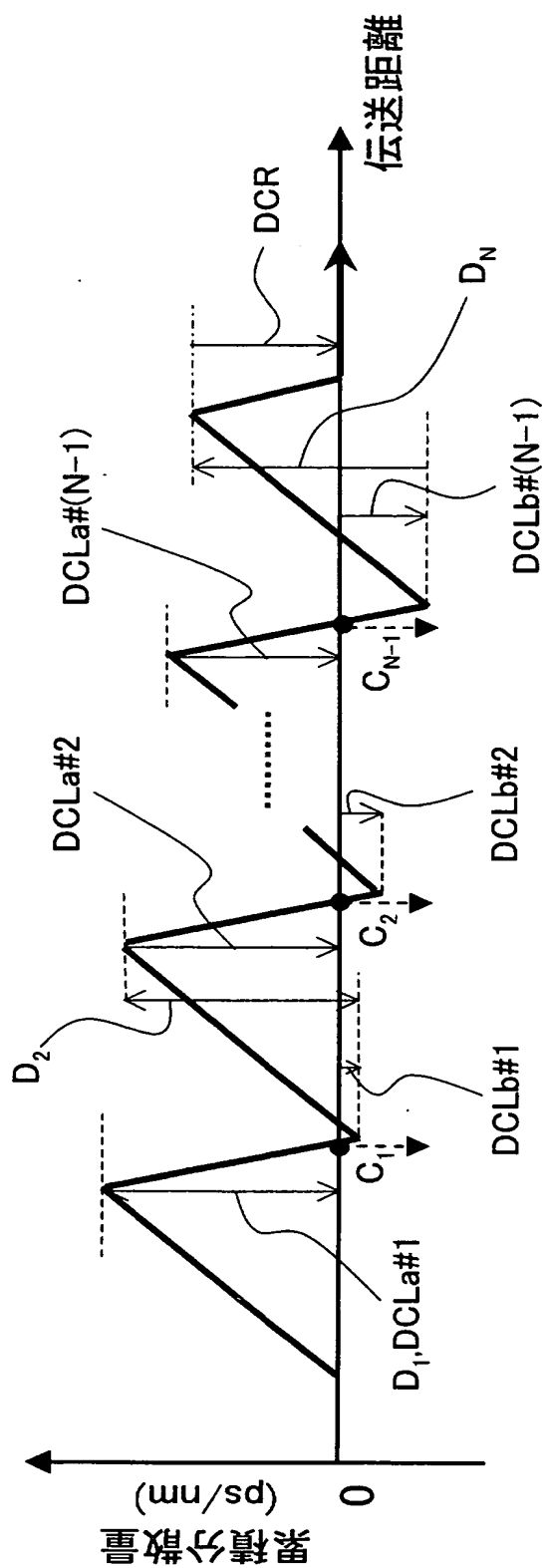
【図 1】



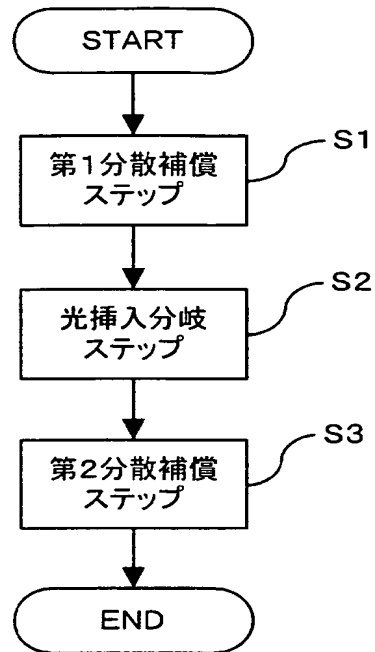
【図 2】



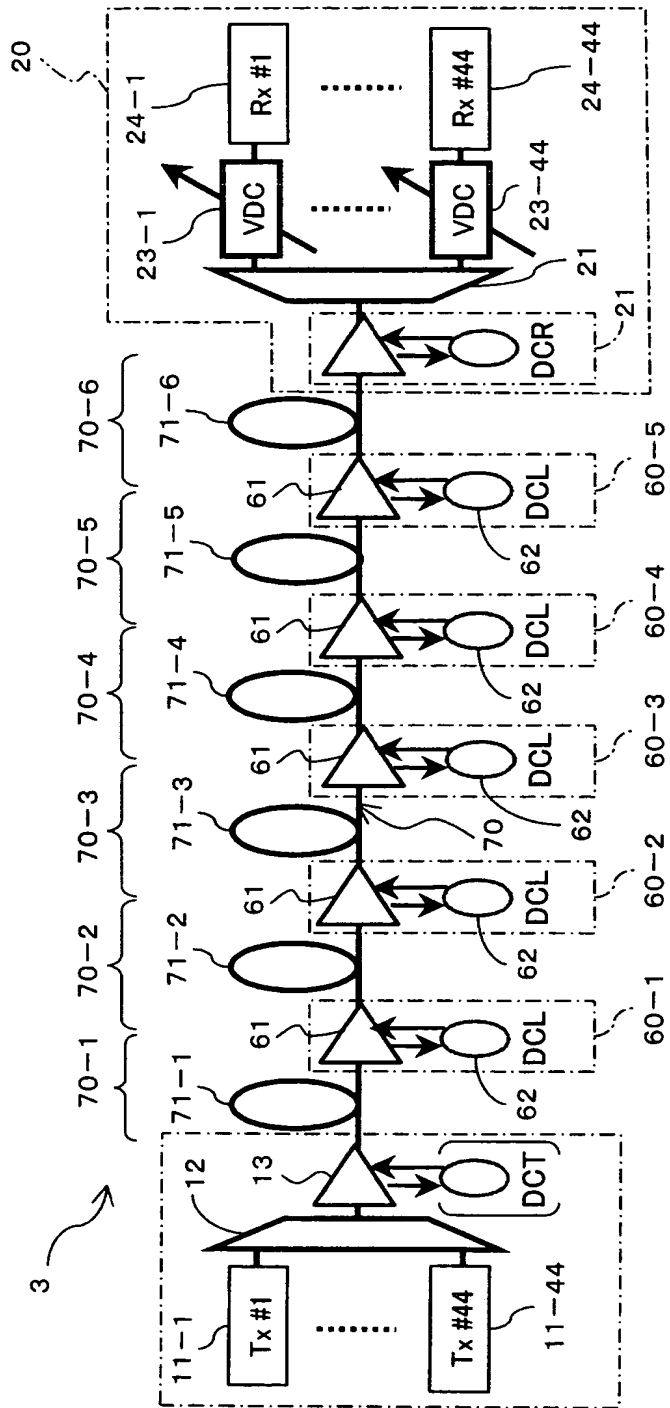
【図 3】



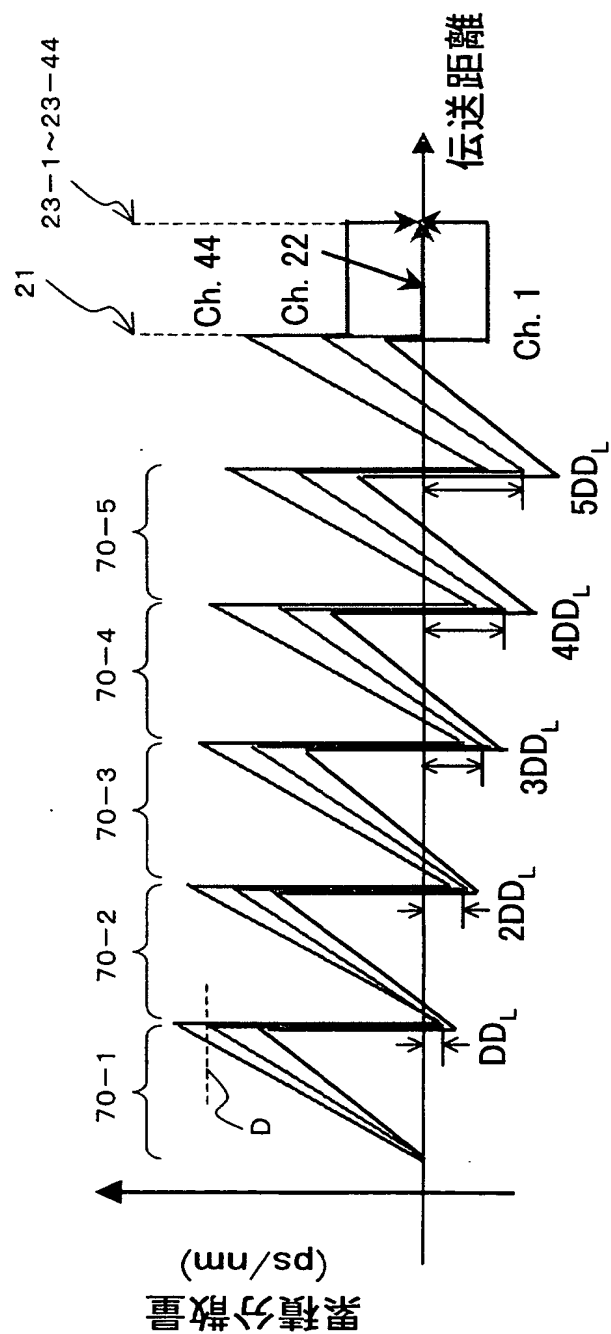
【図 4】



【図 5】

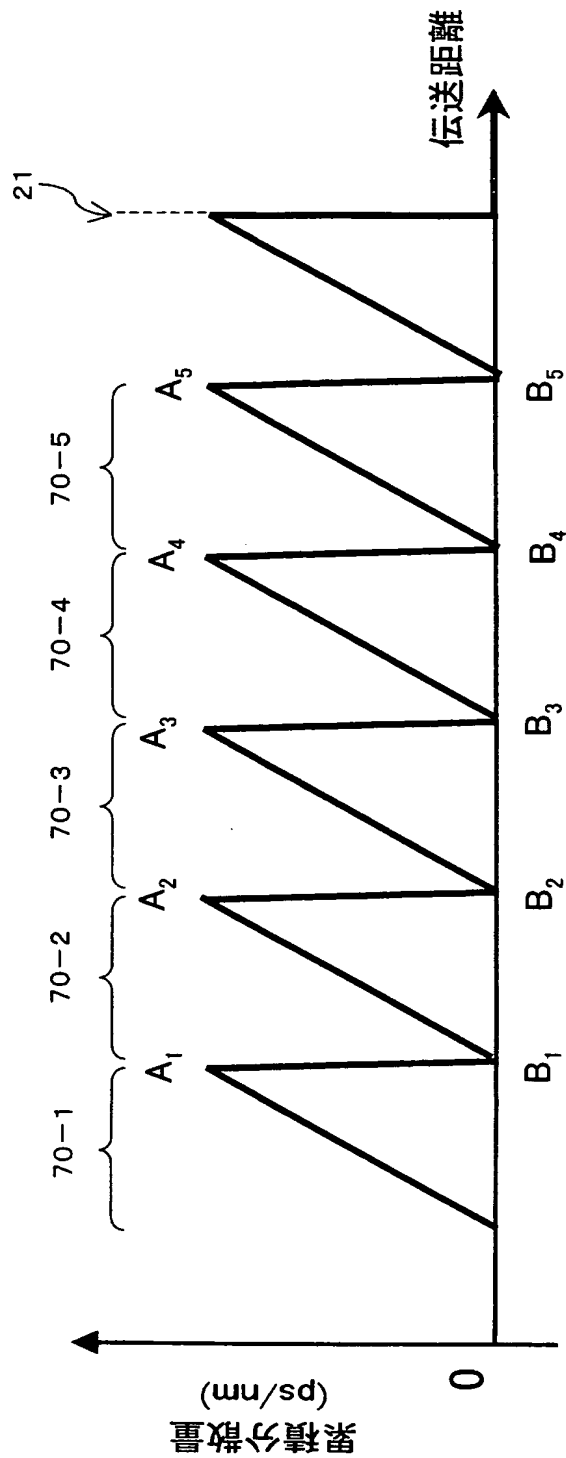


【図 6】



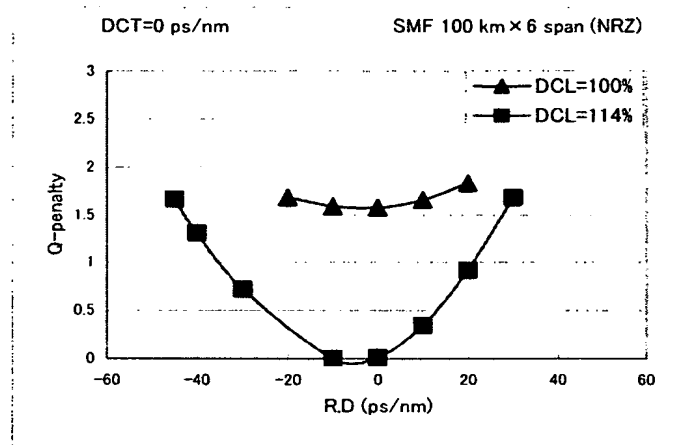


【図 7】



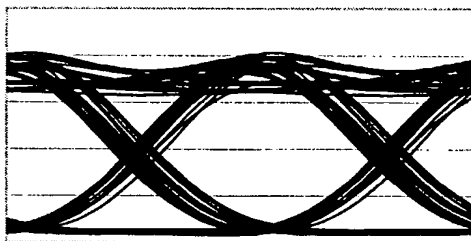
【図 8】

(a)



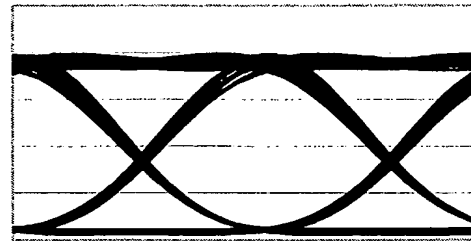
R.D. (Residual dispersion): 残留分散

(b)



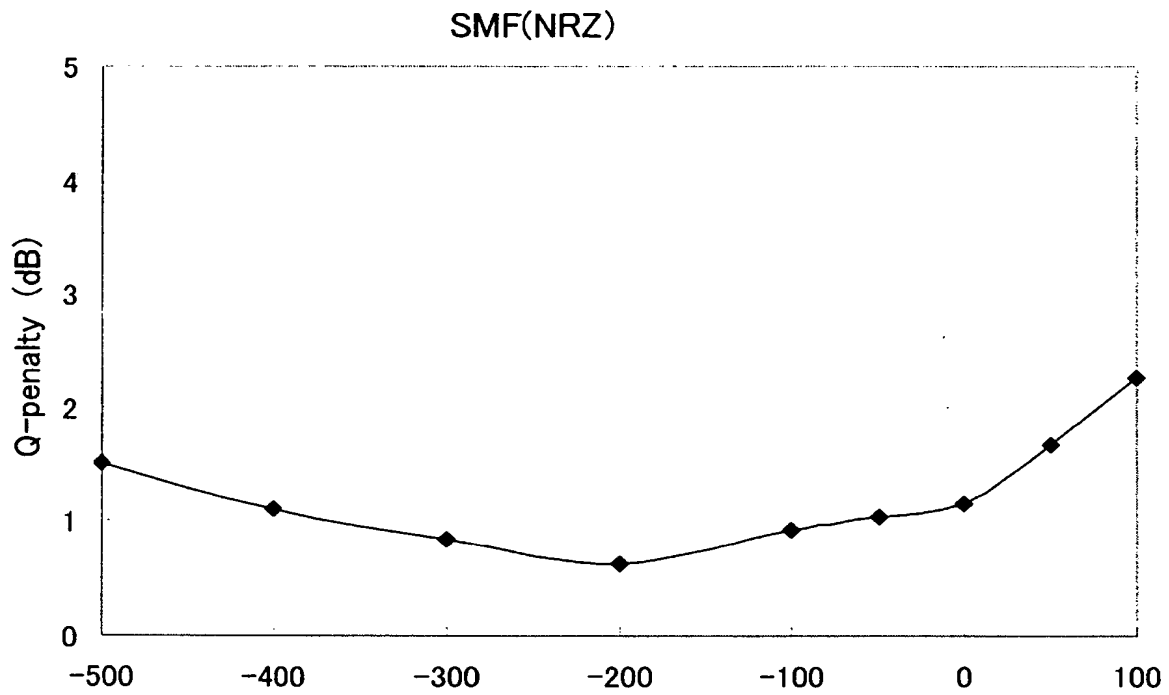
DCT=0 DCL=100% R.D.=0

(c)

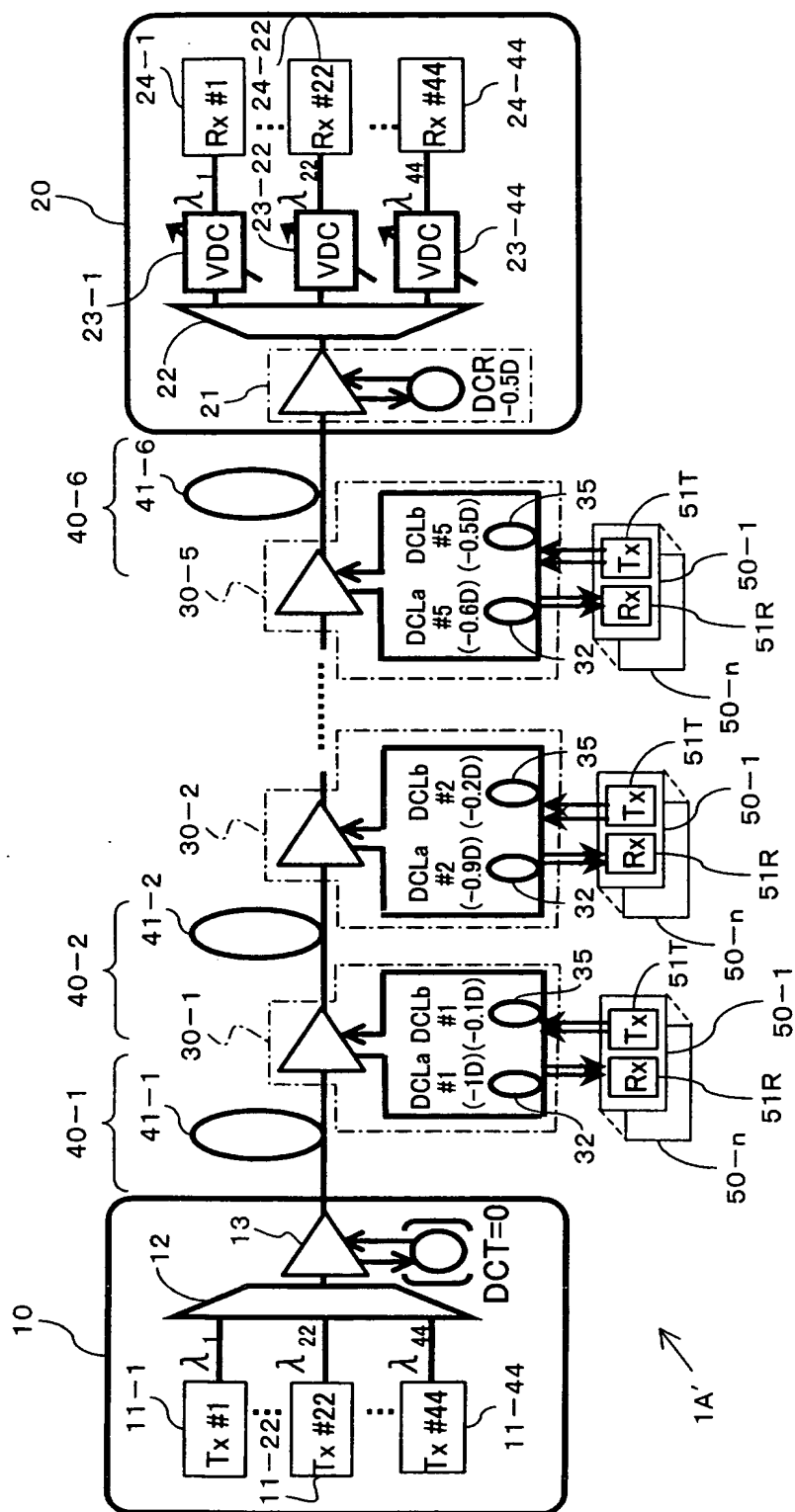


DCT=0 DCL=114% R.D.=0

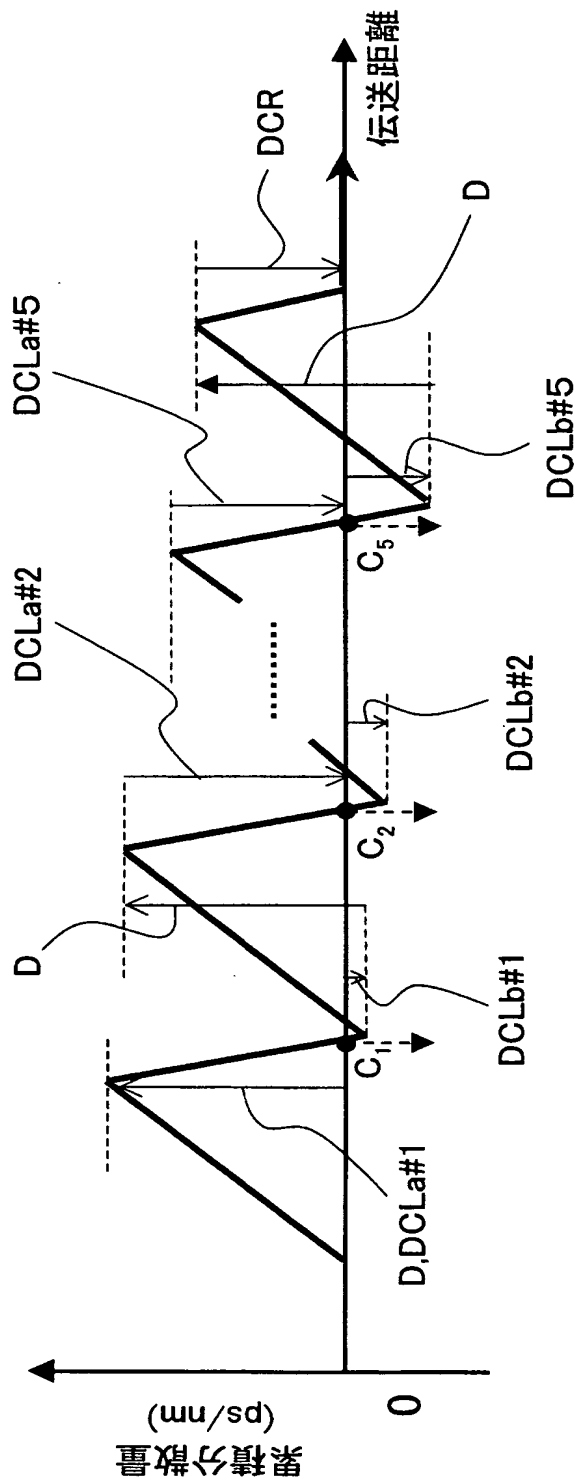
【図 9】



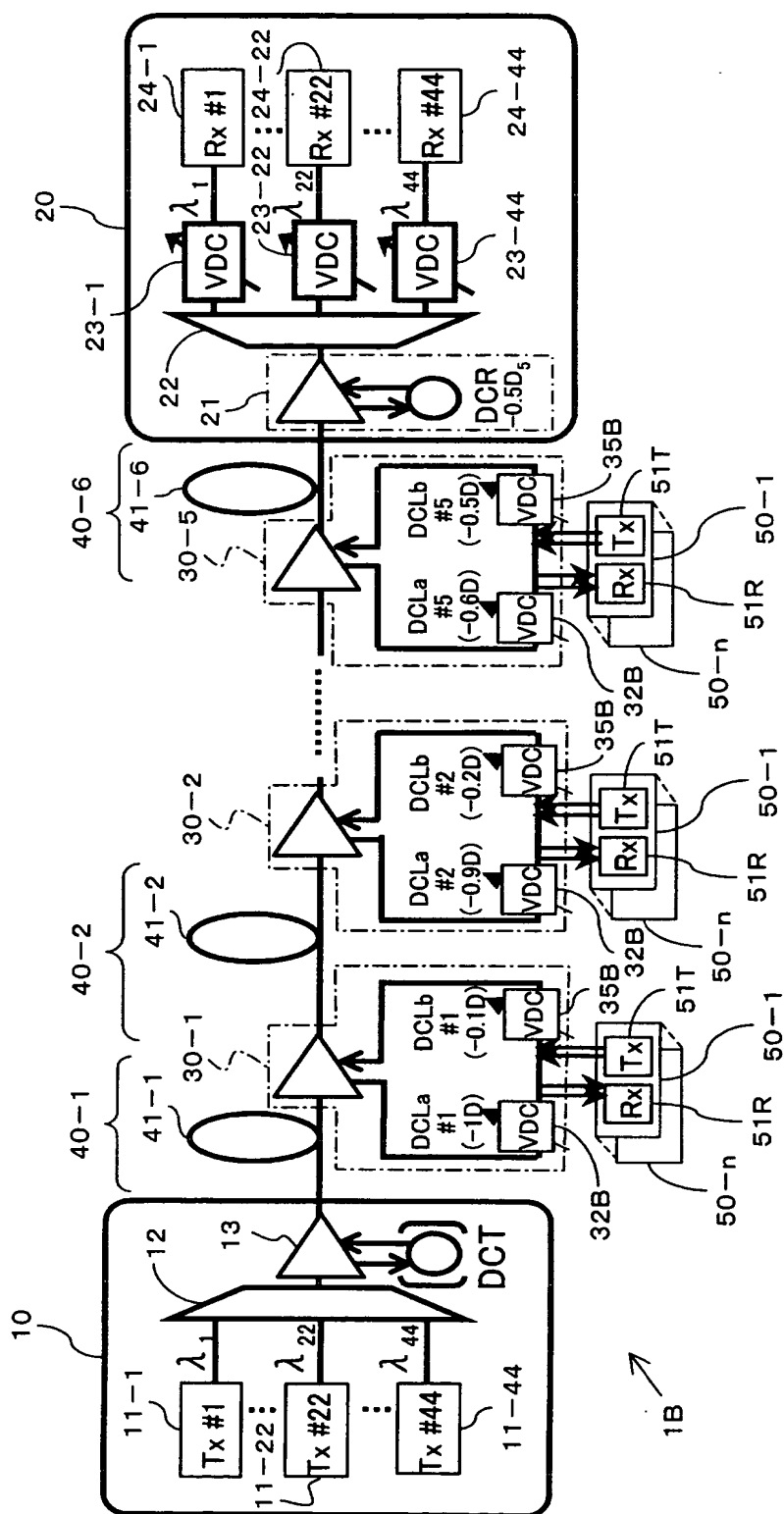
【図 10】



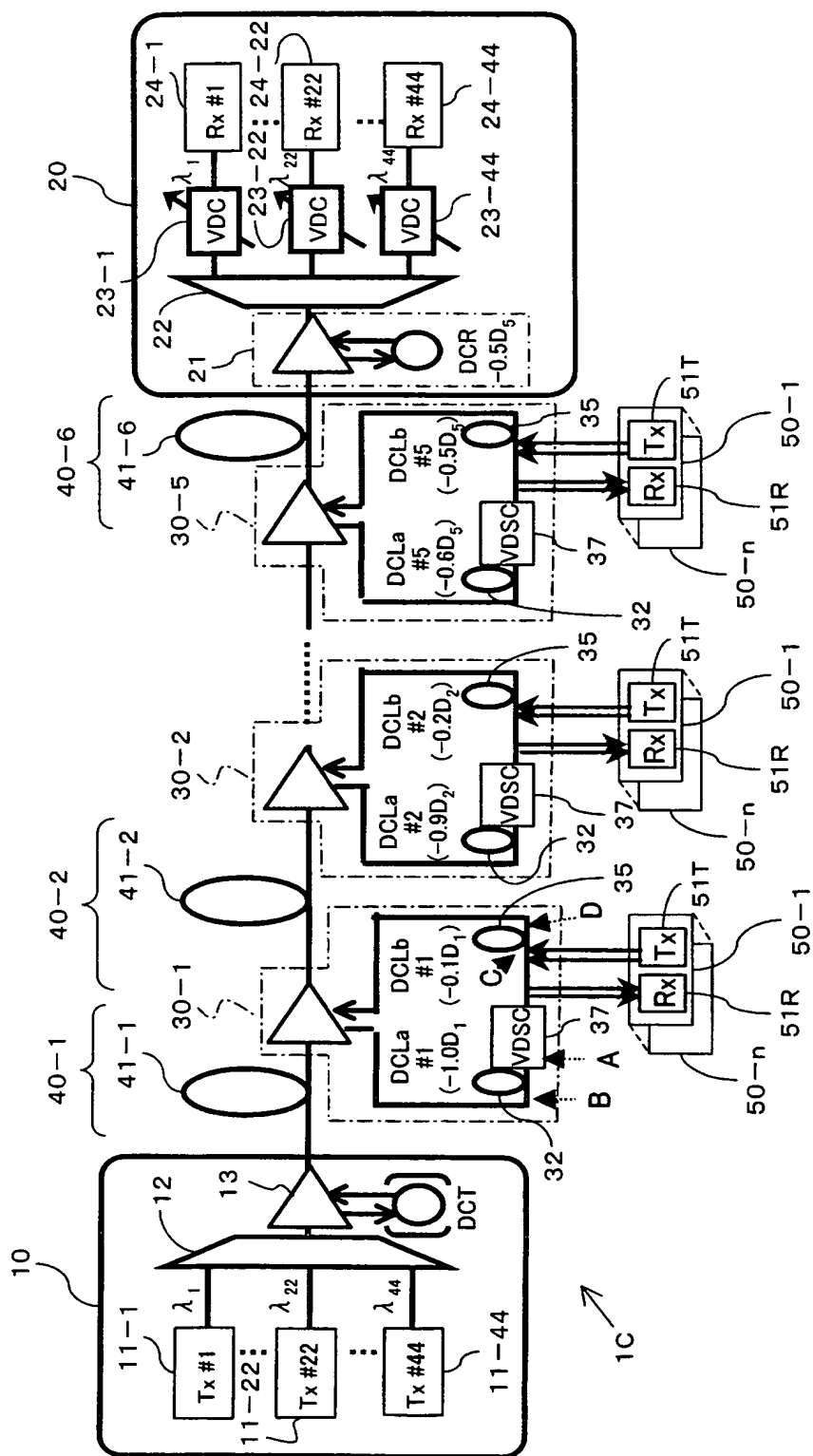
【図 11】



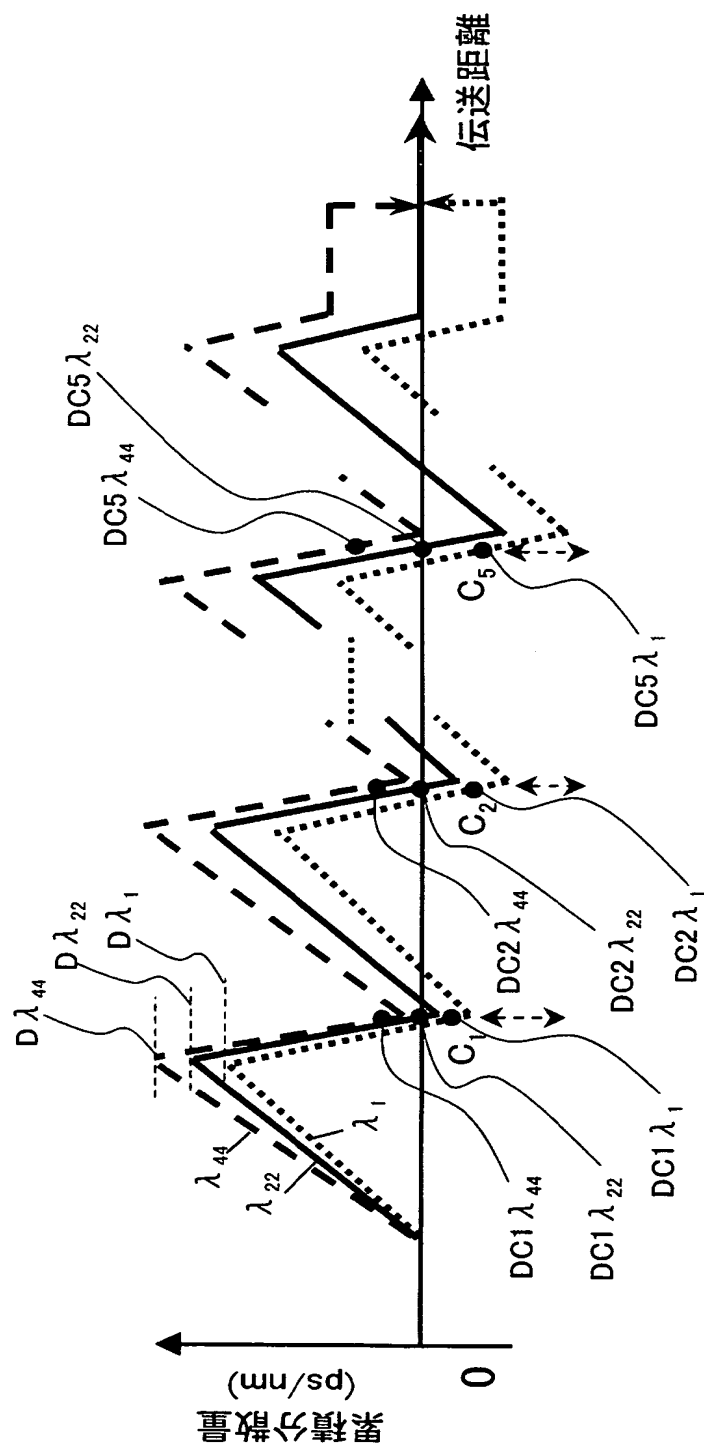
【図 12】



【図 13】

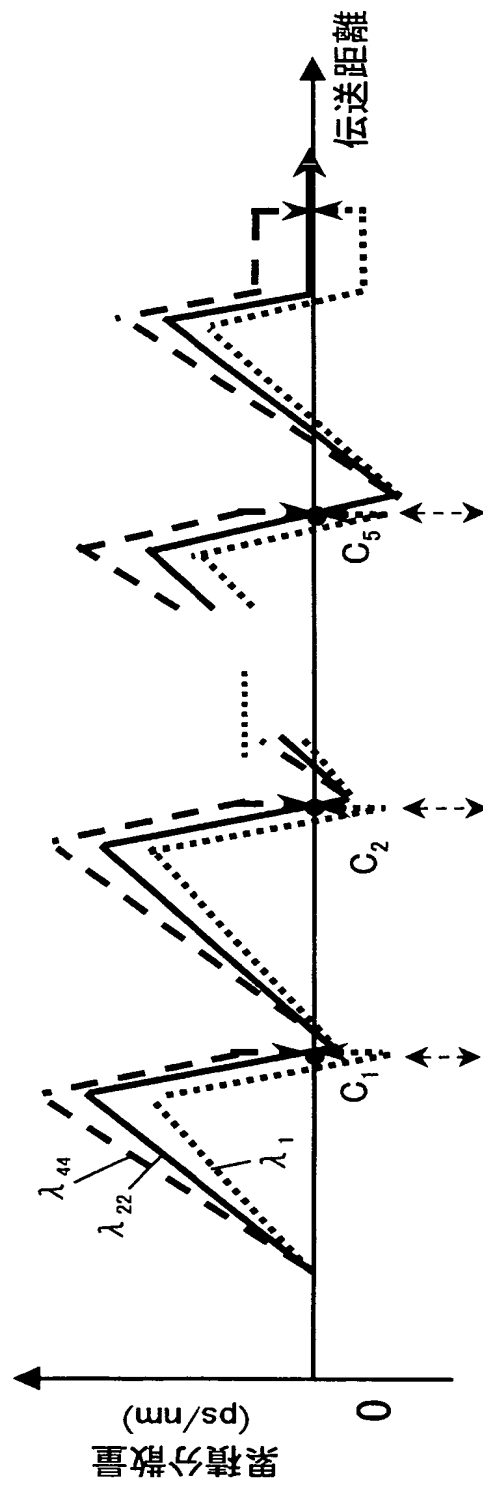


【図 14】

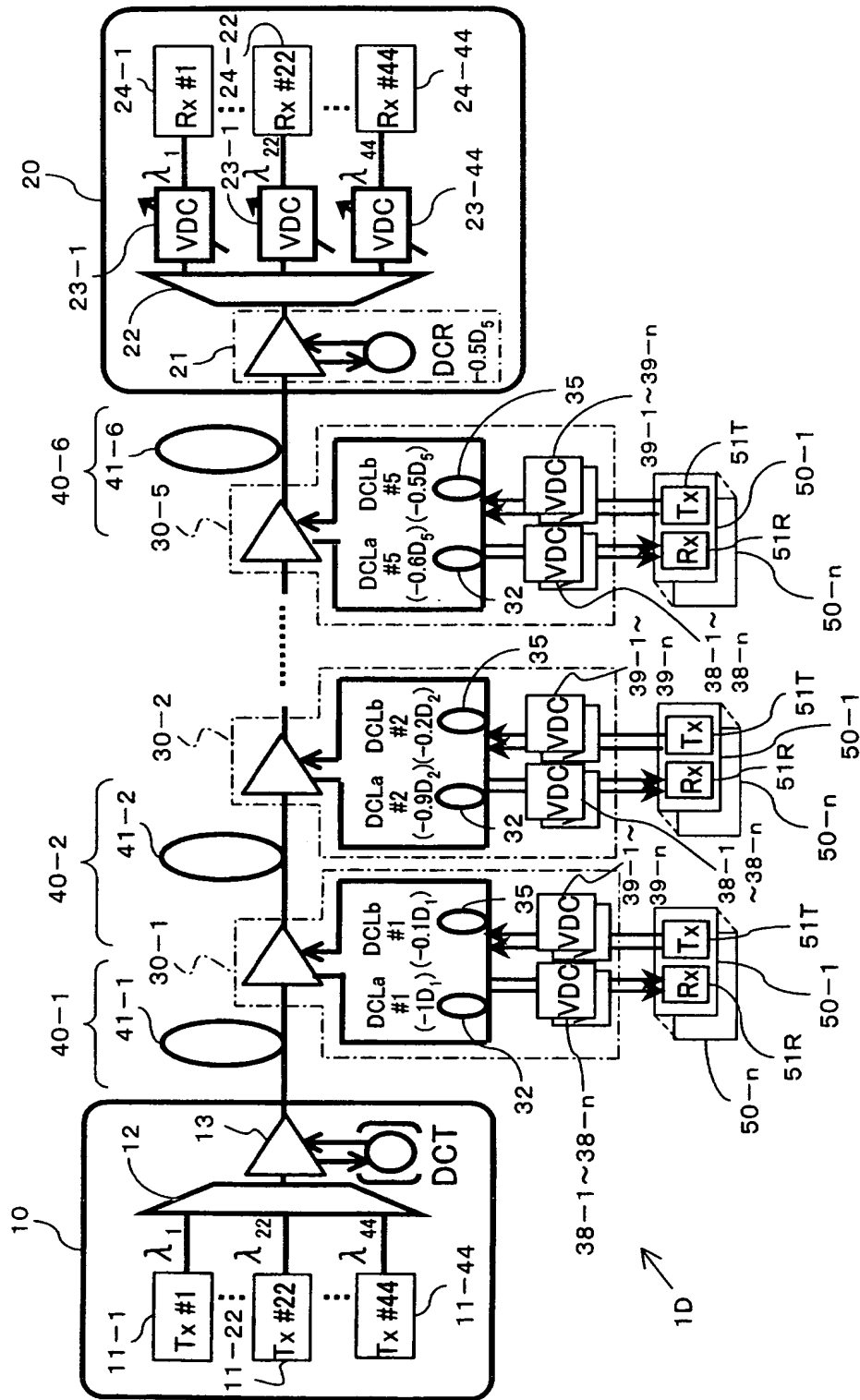




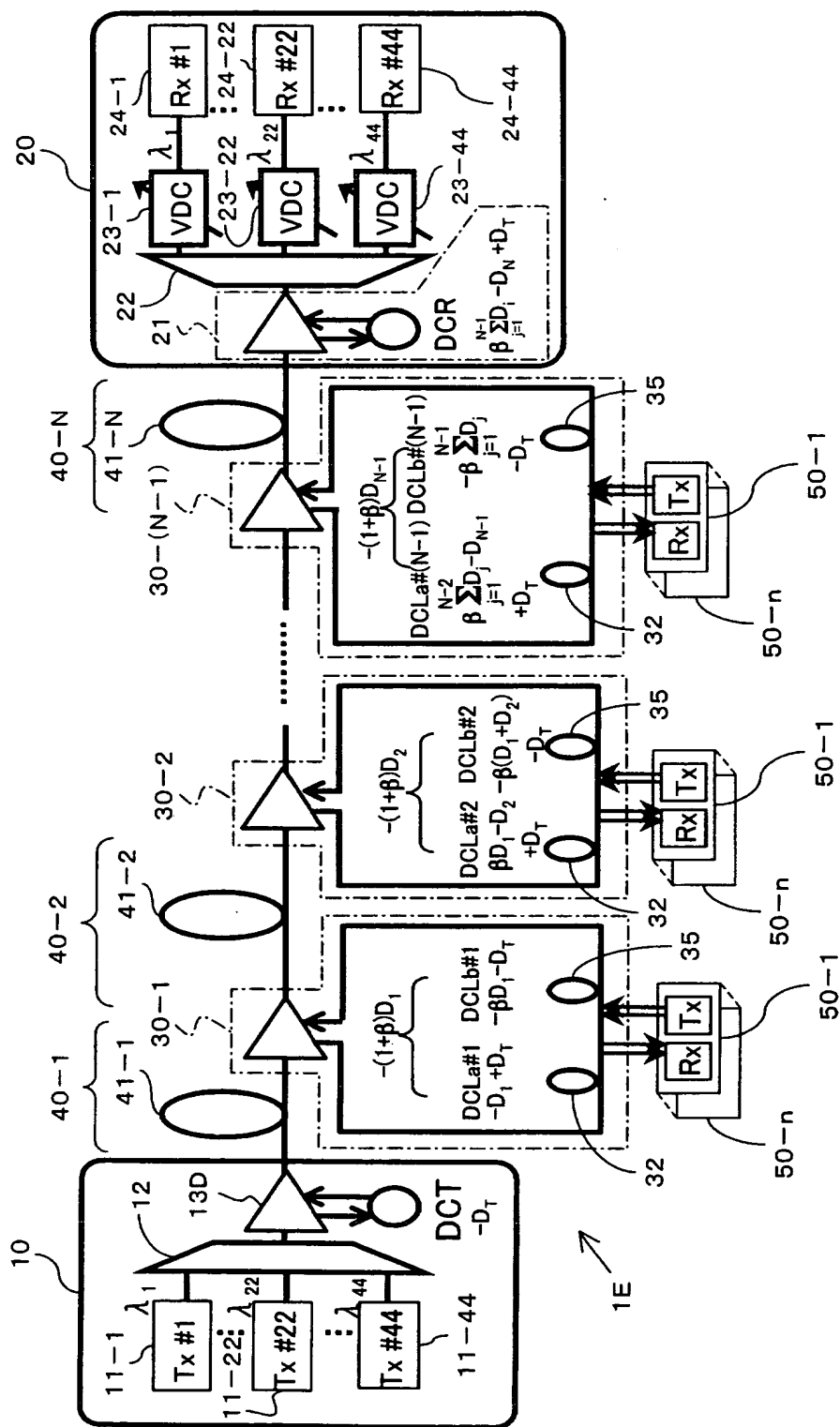
【図 15】



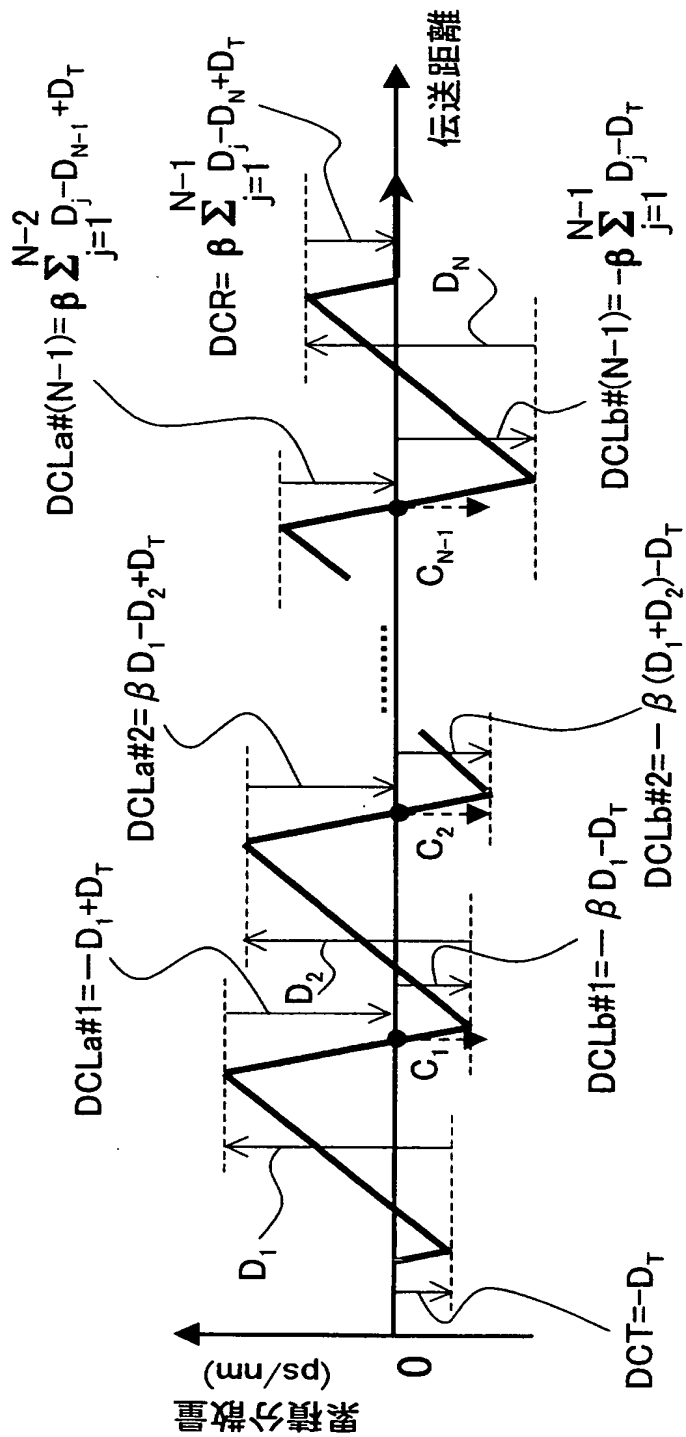
【図 16】



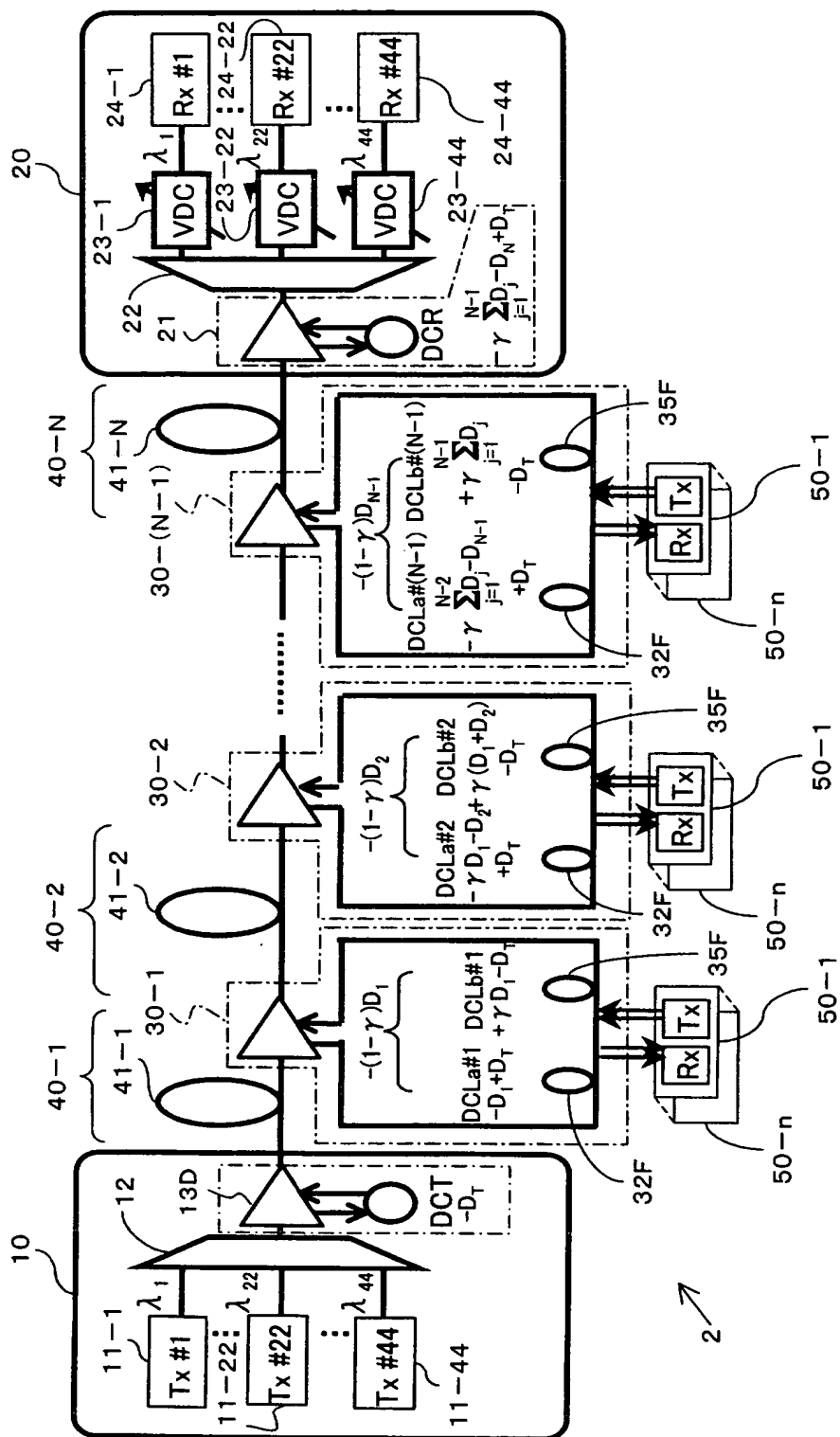
【図 17】



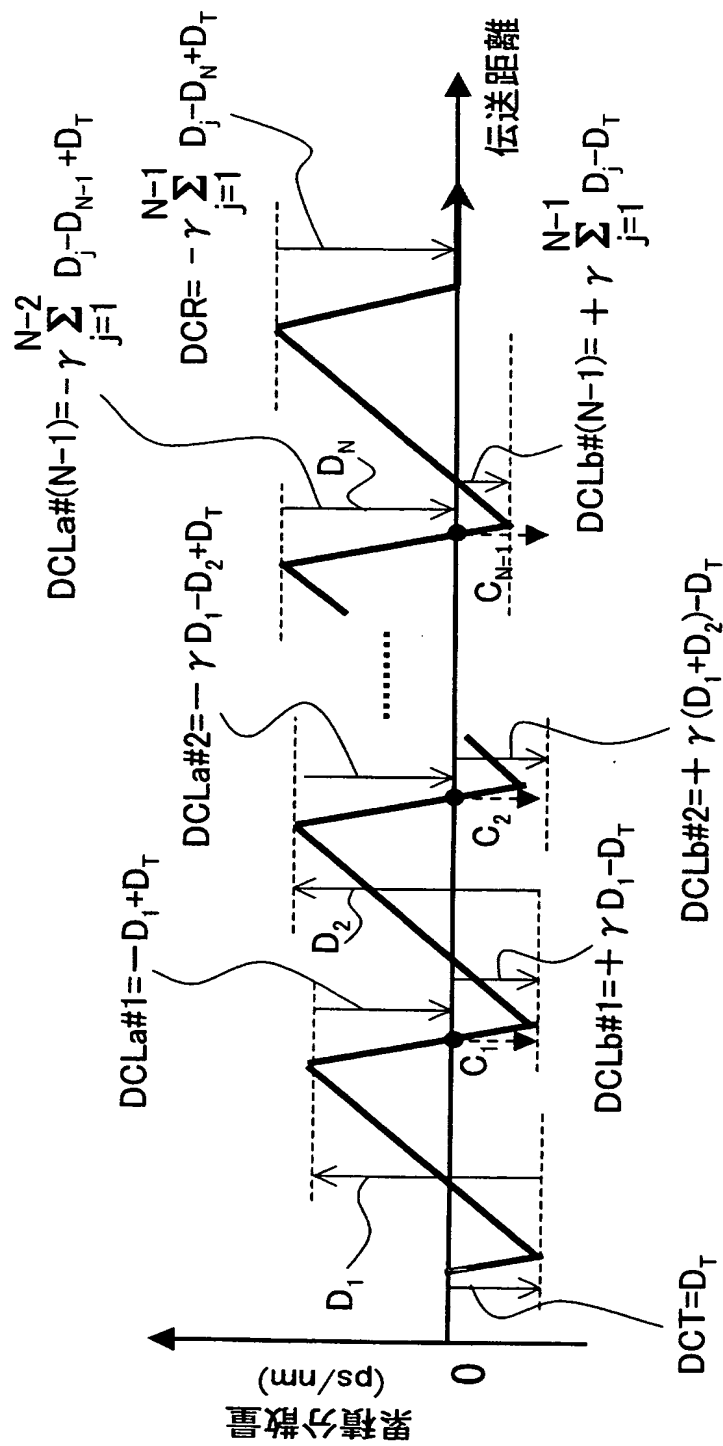
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 伝送路上の挿入分岐箇所において高精度な分散補償を行ないながら、受信側端局装置の受信波形の劣化を抑制できるようにする。

【解決手段】 各中継区間の端点に配置された中継装置において、第1分散補償ステップ（S1）と、光分岐挿入ステップ（S2）と、第2分散補償ステップ（S3）とをそなえて中継伝送を行なう一方、第1分散補償ステップ（S1）および第2分散補償ステップ（S3）における分散補償量の和に対する、第2分散補償ステップ（S3）における前記過補償量の比を、当該中継装置の前記の光伝送路上における送信用の端局装置からの伝送距離とともに漸次変化する設定とする。

【選択図】 図4

特願 2 0 0 3 - 0 5 5 3 5 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社